

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.В. Коваль

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“    ” \_\_\_\_\_ 2019р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності - 122 Комп'ютерні науки

за спеціалізацією - Комп'ютерний моніторинг та геометричне моделювання процесів і систем

на тему: Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ТМ-81мп

Ревнюк Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.ф-м.н., професор Гуржій О.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2019

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 122 Комп'ютерні науки

за спеціалізацією - Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг процесів та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Коваль О.В. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали) (підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Ревнюк Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем

Науковий керівник д.м-ф.н., професор Гуржій О.А.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “4” листопада 2019 року №3812-с

2. Строк подання студентом дисертації “ ” 201 року

3. Об'єкт дослідження діаграма спрямованості протяжних антенних систем

4. Предмет дослідження розташування і форма гнучких протяжних антенних систем.

5. Перелік питань, які потрібно розробити

1) проаналізувати сучасні методи моделювання діаграми спрямованості;

2) проаналізувати існуючі системи для побудови діаграми спрямованості;

3) розробити структуру для побудови системи;

4) розробити користувацький інтерфейс;

5) розробити програмне забезпечення.

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу актуальність, мета роботи, завдання та методи досліджень, математична задача, діаграма спрямованості, архітектура програмного продукту, початок роботи, введення вхідних параметрів, результати виконання програми, висновки

7. Орієнтований перелік публікацій «Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем» // «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» : Матеріали XXXIII Міжнародної наукової інтернет-конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Тернопіль, 13 листопада 2019 р.

8. Дата видачі завдання «14» січня 2019 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Збір інформації		
3	Аналіз вимог завдання, вибір методів і засобів розв'язання поставленої задачі		
4	Підготовка матеріалів магістерської роботи		
5	Проміжний контроль підготовки		
6	Підготовка публікацій		
7	Підготовка доповідей на конференціях за темою магістерської роботи		
8	Доповідь на конференції		
9	Написання основних розділів автореферату		
10	Звіт за перший рік роботи над магістерською дисертацією		

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Ревнюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_

( підпис )

Гуржій О.А.

(прізвище та ініціали)

# РЕФЕРАТ

**Структура й обсяг дипломної роботи.** Магістерська дисертація складається зі вступу, п'ятих розділів, висновку, переліку посилань з 30 найменувань, 1 додаток, і містить 19 рисунків, 21 таблицю. Повний обсяг магістерської дисертації складає 77 сторінок, з яких перелік посилань займає 3 сторінки, додатки – 2 сторінки.

**Актуальність теми.** Наразі значно розширюється коло завдань антенних систем, що досить часто вирішуються сучасною радіоелектронікою, а також їх певне ускладнення стимулювало в останні десятиліття дуже інтенсивний розвиток теорії і техніки антен. Основні галузі використання радіоелектроніки – зв'язок, телебачення, радіолокація, радіоуправління, радіоастрономія, а також системи визначення державної належності, інструментальної посадки, радіоелектронної протидії, телеметрія і інші, що відіграють досить важливу роль неможливі без застосування різних за типом антен з відповідними характеристиками. В процесі розвитку антен вони ускладнювалися, що передбачувано для будь-якої галузі зараз, з'являлися принципово нові їх класи, розширювалися їх функції, і антени часто перетворювалися з простих взаємних пристроїв в складні динамічні системи, що можуть містити в більшості випадків сотні, тисячі різних елементів. Кожний елемент антени виконує свою визначену йому роль. Через це виникає необхідність в системі для моделювання діаграми спрямованості, яка дає чітке візуальне розуміння що за тип антени потрібно проектувати і для яких потреб.

**Мета дослідження** полягає в створенні засобів та моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем для потреб ринку телекомунікаційних технологій.

**Об'єктом дослідження** є складність у проектуванні антенних систем до потреб ринку телекомунікаційних технологій

**Предметом дослідження** є комп'ютерні інформаційні технології побудови моделі антенних систем

**Наукова новизна одержаних результатів.** Найбільш суттєвими науковими результатами магістерської дисертації є:

- алгоритм інтерполяції просторового положення приймачів антенної системи
- метод обрахування чутливості антенної системи в відповідних точках приймачів.

**Практичне значення.** Приведений алгоритм моделювання діаграми спрямованості антенних систем дозволяє розробити комплекс програмних засобів, що забезпечує достатньо повне і цілісне рішення задач моделювання різних видів антен у відповідності до їх сфери використання в області телекомунікаційних технологій.

# ABSTRACT

**Structure and volume of thesis.** The master's dissertation consists of an introduction, five sections, a conclusion, a list of references from 30 titles, 1 annexes, and contains 19 drawings, 21 tables. The full volume of the master's dissertation is 77 pages, of which the list of links takes 3 pages, applications - 2 pages.

**Actuality of theme.** At present, the range of antenna systems tasks, which are often solved by modern radio electronics, is expanding considerably, and their complication has stimulated in the last decades a very intensive development of the theory and technology of antennas. The main uses of radio electronics are communications, television, radar, radio control, radio astronomy, as well as systems for determining state affiliation, instrument landing, radio-electronic counteraction, telemetry and others, which play a significant role without the use of different antennas with corresponding characteristics. In the process of antenna development, they have become complicated, which is predictable for any industry now, their fundamentally new classes have appeared, their functions have expanded, and antennas have often been transformed from simple reciprocal devices into complex dynamic systems, which can contain in most cases hundreds, thousands different elements. Each element of the antenna performs its assigned role. Because of this, there is a need for a system for modeling the radiation pattern, which gives a clear visual understanding of what type of antenna to design and for what needs.

**The purpose of the study** there is to create tools and simulate the radiation pattern of flexible long-range antenna systems for the needs of the telecommunications technology market.

**The object of research** is the difficulty in designing antenna systems to meet the needs of the telecommunications technology market.

**The subject of the research** there is computer information technology for antenna systems model building.

**Scientific novelty of the obtained results.** The most significant scientific results of the master's thesis are:

- algorithm of interpolation of the spatial position of the receivers of the antenna system
- method of calculating the sensitivity of the antenna system at the appropriate points of the receivers.

**Practical meaning.** The given algorithm algorithm of modeling of a radiation pattern of antenna systems allows to develop the complex of the software means that provides enough complete and complete solution of problems of modeling of different types of antennas in accordance with their sphere of use in the field of telecommunication technologies.

# ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень і позначень .....	9
Вступ .....	10
1. Обґрунтування потреби створення системи моделювання діаграми спрямованості для антенних систем .....	13
1.1. Огляд існуючих систем моделювання діаграми спрямованості.....	16
1.2. Вхідні та вихідні дані.....	19
1.3. Висновки до розділу 1 та постановка задачі.....	20
2. Засоби моделювання діаграми спрямованості для гнучких протяжних антенних систем .....	21
2.1. Інтерполяція просторового положення приймачів сигналів.....	22
2.2. Методи інтерполяції.....	23
2.3. Метод Лагранжа .....	24
2.4. Діаграма спрямованості .....	25
2.5. Типи діаграми спрямованості .....	26
2.6. Алгоритм знаходження діаграми спрямованості .....	29
2.7. Основи побудови антен.....	29
2.8. Висновки до розділу 2.....	32
3. Опис програмної реалізації.....	33
3.1. Засоби розробки .....	33
3.1.1. Основна архітектура системи. Мова Java .....	33
3.1.2. Середовище розробки IntelliJ IDEA.....	37
3.1.3. Мова розмітки HTML.....	39
3.1.4. Мова розмітки XML .....	41
3.2. Висновки до розділу 3.....	43
4. Взаємодія з користувачем.....	44
4.1 Встановлення та налаштування програмного продукту .....	44



4.2	Опис програмного продукту .....	45
4.3	Сценарії роботи користувача з системою .....	46
4.4.	Висновки до розділу 4.....	52
5.	Стартап проект .....	53
5.1	Опис ідеї проекту .....	53
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту .....	56
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	57
5.4	Розроблення ринкової стратегії проекту .....	66
5.5	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	68
5.6.	Висновки до розділу 5.....	70
	Висновки.....	71
	Список використаних джерел.....	73
	Додаток А .....	74

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ДС – діаграма спрямованості

Фреймворк – інфраструктура програмних рішень, що полегшує розробку складних систем

ГАС – гідроакустичні станції

ДС – діаграма спрямованості

НК – надводний корабель

АЗГ – Антена змінної глибини

Delphi – мова програмування для створення додатків з застосуванням мультиплатформених можливостей

HTML – мова розмітки сторінки

MATLAB – пакет прикладних програм для числового аналіз

АС – антенні системи.

КСД – коефіцієнт спрямованої дії

Java – об'єктно орієнтована мова програмування

ОС – операційна система.

JVM – Java Virtual Machine, віртуальна машина Java для запуску Java програм

JRE – Java Runtime Environment, віртуальне середовище Java

JDK – Java Development Kit, середовище з набором додатків для розробки на мові Java

AS – Android Studio, середовище розробки для Android.

IDE – Integrated Development Environment, середовище розробки.

## ВСТУП

Наразі значно розширюється коло завдань, що досить часто вирішуються сучасною радіоелектронікою, а також їх певне ускладнення стимулювало в останні десятиліття дуже інтенсивний розвиток теорії і техніки антен. Основні галузі використання радіоелектроніки – зв'язок, телебачення, радіолокація, радіоуправління, радіоастрономія, а також системи визначення державної належності, інструментальної посадки, радіоелектронної протидії, телеметрія і інші, що відіграють досить важливу роль неможливі без застосування різних за типом антен з відповідними характеристиками. В процесі розвитку антен вони ускладнювалися, що передбачувано для будь-якої галузі зараз, з'являлися принципово нові їх класи, розширювалися їх функції, і антени часто перетворювалися з простих взаємних пристроїв в складні динамічні системи, що можуть містити в більшості випадків сотні, тисячі різних елементів. Кожний елемент антени виконує свою визначену йому роль.

У більшості антенних систем, які можуть містити дуже велике число елементів, можна зустріти труднощі з фазуванням антени. Тому при розробці складних і дорогих антенних систем проводяться дуже складні розрахунки, в яких враховується ефект взаємного впливу елементів. Після виготовлення антеної системи вона відповідно піддається досить складному і вельми трудомісткому налаштуванню за допомогою регулювання амплітуди і фази кожного елемента антени, що входить до складу.

Конструктивно антени в процесі розвитку також істотно видозмінювалися. Поряд з дротяними вібраторних антен, створеними на перших етапах розвитку, широко поширені антени апертурні, біжучої хвилі, фазовані антенні решітки (ФАР), активні ФАР (АФАР), антени з обробкою сигналу та інші. Розроблено щілинні, імпедансні, діелектричні, феритові, друковані і інші типи конструктивного виконання антен.

Крім випромінювання і прийому електромагнітних хвиль для передачі інформації на відстань антенна система починає виконувати додаткові функції: визначення кутових координат джерел випромінювання з якомога більшою точністю і роздільною здатністю, посилення сигналів, просторову, часову, просторово-часову обробку прийнятих сигналів, адаптацію, самоналаштування для забезпечення перешкодозахищеності і електромагнітної сумісності. У ряді випадків антена повинна вирішувати завдання отримання некоординатної інформації про що відбиває об'єкти, розпізнавання образу або здійснення радіо сповіщення шляхом поляризаційної обробки і голографічних методів перетворення приходять електромагнітних полів радіочастотного. У деяких антенних задачах може виникати необхідність отримання просторово-часової фільтрації полів джерел, розташованих в зоні Френеля. Опрацьовується ряд нових областей використання антеною техніки. Наприклад, для вирішення енергетичних проблем пропонуються антенні НВЧ системи передачі потужності на дуже далекі відстані і орбітальні сонячні станції з активними антенними ґратами для каналізації енергії на землю. Величезну роль грає антенна техніка в рішенні проблем космічної зброї.

Таким чином, поряд з антенами, що представляють прості взаємні пристрою, застосовуються активні електрично керовані антенні системи з властивими їм характеристиками управління, динамічного діапазону, нелінійністю, швидкодією, гіротропії і інше. Розрахунок і проектування таких сучасних антен базується не тільки на прикладної електродинаміки, але і на теорії радіотехнічних систем і сигналів, електронних ланцюгів, технічної кібернетики і т. д. Реалізованість необхідних антенних характеристик багато в чому визначається з технологічної та елементної бази, матеріалами, активними приладами.

Здатність антени випромінювати енергію у вільному напрямку називається спрямованістю антени.

За даним властивості антени можна розділити на класи:

- Ненаправлені (ізоотропні) антени випромінюють енергію в усіх напрямках однаково.

- Спрямовані антени або слабо направлених антени випромінюють енергію переважно в одному або декількох заданих напрямках.
- Гостро направлені випромінюють енергію в одному напрямку.
- Направлені випромінюють енергію не тільки в одному напрямку, а й в межах дуже невеликого тілесного кута.
- Антени, що формують випромінювання спеціальної форми.

Діаграма спрямованості (ДС) антени – це залежність випромінюваної потужності в простір як функції кутових координат.

Дана залежність може виражатися аналітично, таблично, графічно. Такі ДС є просторовими. Їх недолік – погане зорове сприйняття.

Якщо скористатися принципом незалежності, то можна зобразити ДС антени в двох основних ортогональних площинах. Для визначеності прийнято користуватися орієнтацією електромагнітного поля, тобто площинами, в яких розташовані вектори електричного і магнітного полів, випромінюваного поля. Нагадування: з курсу теорії електромагнітного поля відомо, що вектори і також ортогональні.

Від головного напрямку, де потужність максимальна, як правило, якщо не обумовлюється інше, ведеться відлік кутових координат.

Для того щоб ДС не залежала від випромінюваної потужності, її нормують, тобто все значення потужності ділять на величину потужності, випромінюваної в головному напрямку. Для виявлення особливостей ДС нормовані значення логарифмують. Шириною ДС в даній площині називається кут, в межах якого потужність випромінювання не менше ніж в 2 рази більше потужності, випромінюваної в інших напрямках.

Розташування антени один над одним призводить до звуження діаграми спрямованості антеною системи у вертикальній площині. Якщо ж антени розташовані в горизонтальній площині, то зменшується ширина діаграми спрямованості антеною системи в горизонтальній площині. І, нарешті, якщо антенна решітка містить антени, розташовані і по вертикалі і по горизонталі, то результуюча діаграма спрямованості антеною системи є більш вузької в обох площинах в порівнянні з діаграмою одиночної антени.

# 1. ОБГРУНТУВАННЯ ПОТРЕБИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНOSTІ ДЛЯ АНТЕННИХ СИСТЕМ

У комплексних системах «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» застосовуються гідроакустичні станції (ГАС) з гідроакустичними антенами, які відрізняються за формою, розмірами, способами формування та управління характеристиками направленості, розміщенням на надводному кораблі (НК) та умовами експлуатації. За способом розміщення антен ГАС НК поділяються на ГАС з корпусними антенами (стаціонарно встановлюються на корпусі корабля) та ГАС з антенами змінної глибини (АЗГ). Останні поділяються на ГАС з буксированими та ГАС з опускаючими гідроакустичними антенами. ГАС з антенами змінної глибини забезпечують необхідну ефективність системи «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» в таких сигнально-завадових і гідроакустичних умовах, коли можливості ГАС з корпусними гідроакустичними антенами суттєво знижені. ГАС з антенами змінної глибини мають такі переваги в порівнянні з ГАС з корпусними антенами:

- забезпечення застосування кращих гідроакустичних умов для виявлення цілей, у тому числі цілей, що знаходяться нижче шару стрибка швидкості звуку;
- можливість автономного ремонту та модернізації активно-пасивних антен змінної глибини без постановки НК у док.

Гідроакустичні антени з буксированими АЗГ можуть мати конструкції зосередженого (об'ємного) типу з жорсткими зв'язками між елементами та конструкції з гнучкими зв'язками, так звані гнучкі протяжні буксировані антени [1].

Однією з особливостей ГАС з буксированими АЗГ є необхідність формування їхніми антенами характеристик направленості, що мають

низький (0,1...3,0 %) рівень бокових пелюсток у вертикальній площині в режимі прийому в секторах кутів, під якими антена «бачить» гвинти корабля-носія ГАС з АЗГ. У цьому разі ширина основної пелюстки діаграми направленості повинна мати задану величину. Практичне рішення цієї задачі є однією з необхідних умов забезпечення тактико-технічних характеристик гідроакустичного озброєння, зокрема того, що створюється за кораблебудівними програмами. При створенні ГАС з АЗГ з метою збільшення ефективності їхньої дії в режимі прийому необхідно вживати ряд додаткових заходів, що направлені на зменшення впливу шумів корабля-носія на роботу АЗГ. До таких заходів відносяться: використання акустичних екранів, розміщених у верхній частині буксированого тіла; використання характеристик спеціальної форми, які забезпечують придушення завад, що надходять з верхньої півсфери. Останній захід є одним з найефективніших. Тому розробці фізичних алгоритмів його дії та техніки практичної реалізації приділяється доволі значна увага. У роботах аналізуються підходи до критеріїв ефективності та фізичних алгоритмів, що відповідають їм. Сучасним методам технічної реалізації таких алгоритмів присвячено роботу [2].

Метою проведення досліджень, що направлені на рішення задач створення ГАС з буксированими антенами з такою формою діаграми направленості, яка має в разі заданої ширини основної пелюстки в середньому найменший рівень поля в заданій просторовій області бокових пелюсток (оптимальні антени). Як вихідне співвідношення при рішенні вказаних задач використаємо вираз для середньої діаграми направленості (за потужністю) антени. Під нею будемо розуміти математичне сподівання випадкової діаграми направленості. Вибір кількісних характеристик параметрів досліджуваних антен обмежений тими найбільш цікавими в прикладному відношенні величинами, що можуть бути технічно реалізованими в разі побудови антен з врахуванням їхнього використання в складі ГАС з буксированими антенами.

Розглянемо лінійну дискретну антену, яку утворено з  $n$  елементів. Нехай діаграми направленості всіх елементів рівні та однаково орієнтовані в просторі (ця

умова виконується практично для всіх буксированих антен ГАС, оскільки тут ми обмежуємось розглядом антени в кутомірній площині), а коефіцієнти електричного збудження елементів мають випадковий розкид відносно їхніх середніх значень. У цьому разі будемо вважати, що амплітудні та фазові похибки коефіцієнтів збудження незалежні та стаціонарні, а просторове положення елементів антени строго фіксоване й точно відоме. Розрахункові чисельні значення коефіцієнтів збудження досліджуваної антени наведено нижче.

Зображена діаграма направленості свідчить, що розроблені математичні співвідношення дозволяють розрахувати такий розподіл збудження, введення якого за апертурою антени не тільки не знижує рівень бокових пелюсток у заданій просторовій області, але й забезпечує формування діаграми направленості з розкриттям основної пелюстки, яка необхідна для реалізації заданого сектора огляду. При цьому необхідно зауважити, що отримані вище рішення є частотнозалежними й оптимізацію антени в межах робочої полоси частот ГАС за розробленою методикою може бути здійснено, наприклад, з використанням фільтрів мінімально-фазового типу, які реалізують оптимальний амплітудно-фазовий розподіл збуджень [3].

З метою здійснення такої оптимізації показано блок-схему пристрою, що реалізує оптимальний розподіл збуджень стосовно умов роботи антени в широкій смузі частот. Власне пристрій складається з  $N$  каналів, в кожному з яких входять ідентичні гідроакустичні приймачі, ідентичні узгоджені пристрої та чотириполюсні кола, що реалізують потрібний розподіл збуджень. Формування діаграми направленості відбувається в підсумовуючому пристрої, куди надходять сигнали з виходу кожного каналу.

Узявши до уваги раніше зроблені припущення про коефіцієнти збудження елементів антени, індекси при випущено. Друга складова у виразі являє собою деяку розсіяну потужність, що визначається випадковими помилками збудження та залежить від напрямку як діаграма направленості окремого елемента антени. Припустимо, що розсіяна потужність постійна за всіма напрямками. У цьому



випадку рішення поставленої задачі буде достатньо загальним, тому що за такої умови рівень розсіяної потужності в області бокового поля антени буде вищим, ніж якщо б розсіяна потужність співпадала за напрямком з направленістю окремого елемента (за умови збігу напрямків основних пелюсток діаграм направленості антени та її елементів, що, як правило, має місце в буксируваних зосереджених антенах ГАС у кутомірній площині).

## 1.1 Огляд існуючих систем моделювання діаграми спрямованості

Існуючі системи дають можливості робити порівняльний аналіз різних видів антен. Основною вимогою практики є випромінювання або прийом максимально можливої енергії електромагнітних коливань.

MMANA-GAL – це програма для розрахунку та аналізу антен. Будь-які антени, які можна уявити як довільний набір тонких проводів. Розрахунок проводиться методом моментів.

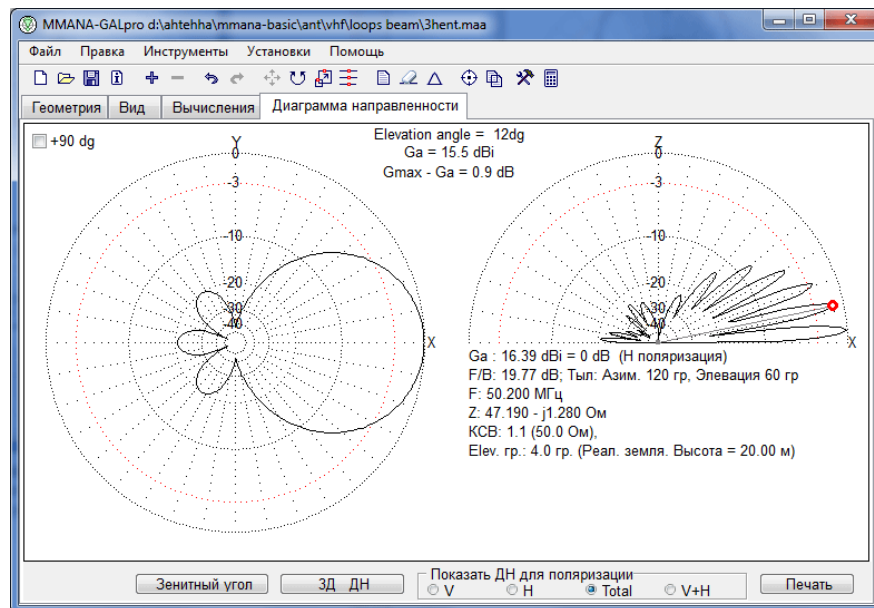


Рисунок 1.1 – приклад роботи MMANA-GAL

Найбільш розповсюджені NEC2 та MININEC3. Однак безпосередня робота з ними досить складна, так як ввід інформації і її вивід можливий тільки в текстовому режимі. MMANA-GAL є однією з програм, яка дозволяє зручно підготувати дані для розрахунків в модифікованому MININEC3 і аналізувати отриманий результат. Для створення моделі антени і виводу результатів в MMANA можна використовувати як текстовий так і графічний режими. Крім підготовки обробки даних в MININEC3, MMANA включає в себе множину додаткових функцій, які полегшують життя проектувальнику антен. Основні результати програми MMANA-GAL про діаграму спрямованості записують в таблицю «кут/підсилення» [4].

Також для моделювання діаграми спрямованості можна використати систему програмування Lazarus. Оточення програми складається з декількох вікон:

- вікно з виводом про результати компіляції
- інспектор об'єктів
- редактор форм
- редактор коду

Вибрав компонент, що реалізує необхідну функціональність, можна скоротити терміни розробки додатку.

Lazarus – вільне середовище розробки програмного забезпечення з відкритим початковим кодом, яке побудовано на компіляторі Free Pascal з додаванням інтегрованої середи розробки ICP [5].

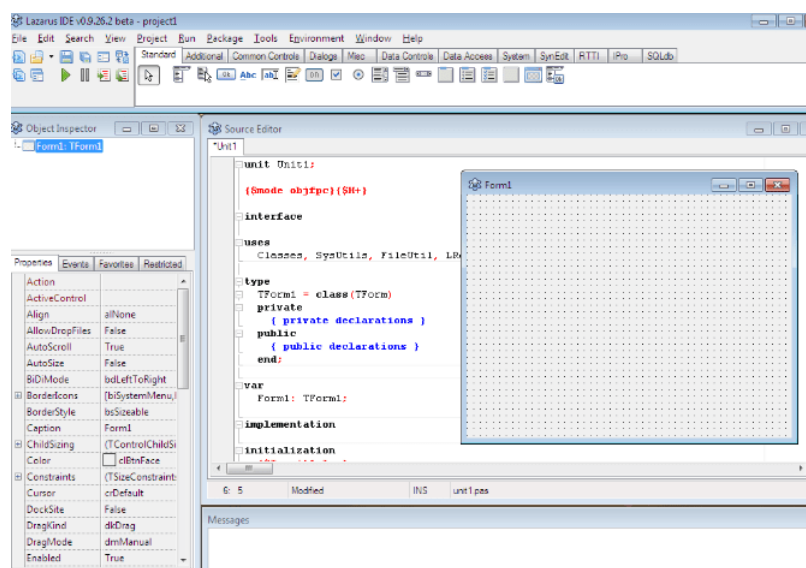


Рисунок 1.2 – оточення програми Lazarus

Має в собі бібліотеку компонентів, яка інтегрується з бібліотекою візуальних компонентів Delphi, візуальний проектувальник форм, а також редактор коду. Також перевагою програми є швидкий перехід між різними інтерфейсами і системами забезпечення бібліотеки інтерфейсу. На даний момент, Lazarus підтримується наступними типами інтерфейсів: WIN32 GDI, GTK + 1.2.x (Unix, Mac OS X), GTK + 2.x, Qt 4 (C++) і Windows. До того ж, Lazarus є одним з небагатьох інструментів, на відміну від своїх конкурентів, який може створювати додатки для ПК (Windows CE, Qtopia) [6]. У Lazarus використовується технологія візуального програмування. Користувач для створення графічного інтерфейсу додатку використовує готові компоненти, значки яких перебувають на панелі компонентів. Після того як він поміщає компонент на формі, програмний код для нього генерується автоматично. Вручну залишається запрограмувати тільки ті дії, які буде виконувати ця програма.

Але Lazarus має певний ряд недоліків:

- Немає повної сумісності з Delphi (хоча на відміну від Delphi надає можливість створювати мультиплатформні застосунки)
- При стандартних налаштуваннях скомпільований файл має дуже великий розмір, тому що містить налагоджувальну інформацію. Насправді недоліком це не є, оскільки це легко виправляється. Досить вказати компілятору додатковий ключ -Xg (Використовувати зовнішній файл налагоджувальних символів) і -Xs (Вирізати символи з виконуваного файлу); Однак це може бути абсолютно не очевидним для програмістів-новачків, хоча ці налаштування доступні і в графічному інтерфейсі (проект, параметри компілятора, створення посилань) і, навіть у цьому випадку, виконуваний файл (принаймні, під Windows) помітно перевершує розміром згенерований Delphi, що значною мірою можна компенсувати пакувальниками. Для створення невеликих застосунків альтернативою Lazarus може служити MSE.
- Відсутність повноцінної документації. Хоча документація по самому компілятору доступна онлайн, або в PDF/HTML документах, а документація по Lazarus доступна у вигляді підручників, які можуть редагувати самі користувачі [7].

- Немає повноцінної підтримки COM (реалізована тільки підтримка методів), що, не дивно, оскільки сфера інтересів розробників Lazarus лежить в області кросплатформного програмування, а не в області взаємодії з Windows-застосунками [8].
- Зневажувач не дозволяє переглядати значення властивостей об'єктів під час налагодження, тільки змінних і полів об'єктів.

Також для побудови діаграми спрямованості можна використати MATLAB – пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Система створена компанією The MathWorks і є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малювання функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. Хоча цей продукт спеціалізується на чисельному обчисленні, спеціальні інструментальні засоби працюють з програмним забезпеченням Maple, що робить його повноцінною системою для роботи з алгеброю. MATLAB має більше, ніж мільйон користувачів на виробництвах і науковців. Ціна базової комерційної версії без інструментів близько 2000 дол. США і лише 100 дол. США для навчальних закладів з мінімальним набором інструментів [8].

## 1.2 Вхідні та вихідні дані

Необхідними вхідними даними для коректної роботи програмного забезпечення є занесення інформації про координати датчиків антени для побудови моделі антени, задати масштаб, швидкість звуку у воді та частоту коливання.

В інформації про координати датчиків потрібно можна внести 4 початкові точки і вибрати бажану кількість датчиків. Програма побудує антену на задану кількість датчиків розмістивши їх рівновіддалено один від одного.

Важливими параметрами при побудові діаграми спрямованості є швидкість звуку в воді, оскільки антенна система знаходиться під водою уздовж берега.

Частота коливання сигналу антени впливає на дальність дії антени та на її обширність покриття території, що слухає антенна система.

В якості вихідних даних користувач може отримати модель вигляду антенної системи по вказаним початковим точкам, модель вигляду антенної системи вказавши бажану кількість датчиків. Саме головне програмний продукт буде моделлю діаграми спрямованості для гнучкої протяжної системи. Ця діаграма спрямованості змінює свою форму в залежності від масштабу, частоти та швидкості звуку у воді, для антенної системи, що знаходиться на дні берегу [9].

### **1.3 Висновки до розділу 1 та постановка задачі**

Проаналізовано існуючі системи по моделюванню діаграми спрямованості для антенних систем:

- Можливість побудови графіка початкової форми антени
- Можливість обрахунку точок для діаграми спрямованості
- Наявність статистики за різними показниками
- Є можливість створення антени на задану кількість датчиків по базовим

точкам

Сформульовані наступні завдання дослідження:

- Проаналізувати можливості сучасних програмних модулів по моделюванні антенних систем.
- Проаналізувати методи та алгоритми побудови діаграми спрямованості
- Використати найбільш підходящий алгоритм для інтерполяції координатних точок антени.
- Розробити програмний модуль для побудови та візуального відображення діаграми спрямованості антени.
- Спроекувати систему та зручний користувацький інтерфейс.

## 2. ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНOSTІ ДЛЯ ГНУЧКИХ ПРОТЯЖНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ

Завдяки інтенсивному розвитку засобів обчислювальної техніки стає можливим ще на етапі проектування антенних систем (АС) за допомогою математичних моделей їх прототипів змоделювати електродинамічні процеси, що протікають під час їх роботи. До числа найбільш важливих параметрів, що визначають характеристики АС, відноситься діаграма спрямованості (ДС) по полю  $(\theta, \varphi)$ , де  $\theta$  – кут місця,  $\varphi$  – азимут.

Діаграма спрямованості (ДС) – це залежність напруженості поля, створюваного антеною на досить великій відстані, від кутів спостереження в просторі. В об'ємі діаграма спрямованої антени може виглядати так як на рисунку 2.1, там зображено просторову діаграму спрямованості, яка є поверхнею об'єму і може мати кілька максимумів.

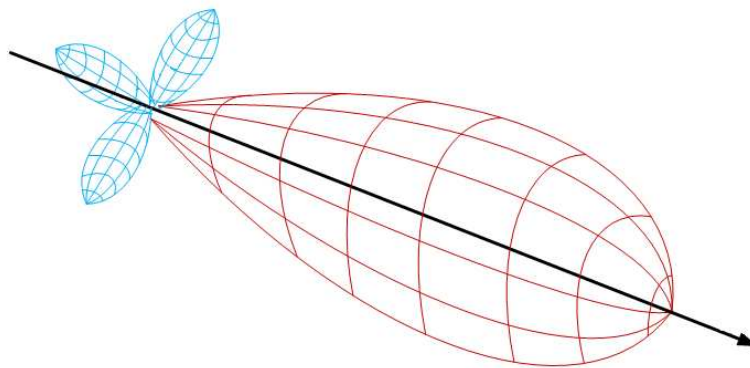


Рисунок 2.1 – об'ємна діаграма спрямованості

Головний максимум, виділений на малюнку червоним кольором, називається головним пелюсткою діаграми і відповідає напрямку головного випромінювання. Відповідно перші мінімальні або нульові значення напруженості поля навколо

головної пелюстки визначають його кордон. Всі інші максимальні значення поля називаються бічними пелюстками.

На практиці зустрічаються різні антени, які можуть мати кілька напрямків максимального випромінювання, або не мати бічних пелюсток зовсім.

## 2.1 Інтерполяція просторового положення приймачів сигналів

Інтерполяція – це спосіб знаходження проміжних значень величини за наявним дискретним набором відомих значень. Методи інтерполяції точок використовується для моделювання антени з заданою кількістю датчиків, відносно якої буде рахуватися діаграма спрямованості [10].

Алгоритм інтерполяції виконується, як відомо, циклічно з високою частотою. Отже при цьому вимагаються великі затрати обчислювальної потужності. У зв'язку з цим при розробці алгоритмів традиційно приділяли велику увагу, і зараз існує декілька методів інтерполяції та десятки їх версій та варіантів. Зупинимось на основних методах, що використовуються при роботі. Інтерполяцію функцій застосовують в разі, коли потрібно знайти значення функції  $y(x)$  при значенні аргументу  $x_i$ , що належить інтервалу  $[x_0, \dots, x_n]$ , але не збігається з жодним значенням.

Дане завдання, а саме інтерполяція функцій, часто зустрічається при обмеженості можливостей при проведенні експерименту. Зокрема через вартість і затратність проведення експерименту розмір вибірки  $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$  може бути досить малий. При цьому в багатьох випадках аналітичний вираз функції  $y(x)$  не відомо і отримати його по таблиці її значень в більшості випадків неможливо.

Якщо задано  $n+1$  вузол інтерполяції, то на цих вузлах можна побудувати один інтерполяційний многочлен  $n$ -го ступеня, многочленів першого ступеня і великий набір многочленів ступеня менше  $n$ , що спираються на деякі з цих вузлів [11].

Теоретично максимальну точність забезпечує многочлен більш високого ступеня. Однак на практиці найбільш часто використовують многочлени невисоких

ступенів, щоб уникнути похибок розрахунку коефіцієнтів при великих ступенях многочлена [12].

## 2.2 Методи інтерполяції

Якщо функція  $y(x)$  інтерполюється на відрізку  $[a,b]$  за допомогою єдиного многочлена для всього відрізка, то таку інтерполяцію називають глобальною. У разі локальної інтерполяції на кожному інтервалі  $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$  будується окремий інтерполяційний поліном невисокого ступеня.

Найпростішим і часто використовуваним видом локальної інтерполяції є лінійна (або кусково-лінійна) інтерполяція. Вона полягає в тому, що вузлові точки з'єднуються відрізками прямих, тобто через кожні дві точки  $(x_i, y_i)$  і  $(x_{i+1}, y_{i+1})$  проводиться пряма, тобто складається поліном першого ступеня:

$$F(x) = a_0 + a_1 \times x, \text{ при } x_{i-1} \leq x \leq x_i \quad (2.1)$$

Коефіцієнти  $a_0$  і  $a_1$  різні на кожному інтервалі  $[x_i, x_{i+1}]$ , і знаходяться з виконання умов інтерполяції на кінцях відрізка:

$$\begin{cases} f_i = a_0 + a_1 \times x_{i-1} \\ f_i = a_0 + a_1 \times x_i \end{cases} \quad (2.2)$$

Із рівнянь системи (2) можна знайти коефіцієнти:

$$a_0 = f(x_{i-1}) - a_1 \times x_{i-1}, a_1 = \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}} \quad (2.3)$$

При використанні кусково-лінійної інтерполяції спочатку потрібно визначити інтервал, в який потрапляє значення  $x$ , а після цього підставити його в формулу 2.1 використовуючи коефіцієнти для даного інтервалу [13].

У випадку квадратичної інтерполяції, для кожних трьох вузлів  $(x_{i-1}, y_{i-1})$ ,  $(x_i, y_i)$ ,  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ , будуються рівняння параболи:

$$F(x) = a_0 + a_1 \times x + a_2 \times x^2, \text{ при } x_{i-1} \leq x \leq x_{i+1} \quad (2.4)$$

Тут коефіцієнти  $a_0$ ,  $a_1$  та  $a_2$  різні на кожному інтервалі  $[x_{i-1}, x_{i+1}]$  і визначається за допомогою системи рівняння параболи, яка проходить за 3 точки.



## 2.3 Метод Лагранжа

Для знаходження значень проміжних точок в вхідному наборі дискретних значень я використав метод Лагранжа четвертого порядку для інтерполяції точок. Його суть полягає в глобальній інтерполяції на цілому інтервалі  $[a,b]$  будується одиничний многочлен. Зазначимо, що однією з форм інтерполяційного многочлена для глобальної інтерполяції існує многочлен Лагранжа, що використовується як один з проміжних етапів для будування діаграми спрямованості. Для нас важливо мати можливість за допомогою лише 4 вхідних точок побудувати графік з заданою точністю:

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \times l_i(x) \quad (2.5)$$

Де  $l_i(x)$  – базисні многочлени  $n$  степені:

$$l_i(x) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \dots (x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \dots (x_i - x_n)} \quad (2.6)$$

Тобто многочлен Лагранжа можна записати наступним чином:

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n 1 \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (2.7)$$

Многочлен  $l_i(x)$  задовольняє умову:  $l_i(x_j) = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$

Ця умова означає, що многочлен дорівнює нулю при кожному  $x_j$  крім  $x_i$ , тобто  $x_0, x_1, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_n$  – корені цього многочлена. Таким чином, степінь многочлена  $L_n(x)$  дорівнює  $n$  і при  $x \neq x_j$  перетворюються в нуль всі складові суми, крім доданка з номером  $i = j$ , що дорівнює  $y_t$ .

Рівняння (5) можна застосувати як для рівновіддалених, так і для нерівновіддалених вузлів. Похибка інтерполяції методом Лагранжа залежить від властивостей функції  $f(x)$ , розташування вузлів інтерполяції та точки  $x$ . Поліном Лагранжа має малу похибку при невеликих значеннях  $n$  ( $n > 20$ ). При великих  $x$  похибка починає зростати, що є свідченням того, що метод Лагранжа не сходиться (тобто його похибка не зникає зі зростанням  $n$ ) [14].

Многочлен Лагранжа містить значення функцій у вузлах інтерполяції, тому він зручний, коли значення функцій змінюються, а вузли інтерполяції залишаються незмінними. Кількість арифметичних операцій, необхідних для побудови многочлена Лагранжа, пропорційна і є найменшою для всіх форм запису. До недоліків цієї форми запису можна віднести те, що зі зміною кількості вузлів доводиться проводити з початку всі обрахунки [15].

Кусково-лінійна та кусково-квадратична локальні інтерполяції є частковими випадками інтерполяції многочленом Лагранжа.

Однією з переваг використання методу Лагранжа є те, що він найбільш простий в розумінні і організації обрахувального процесу, також відноситься до числа ітераційних методів і має найбільшу точність інтерполяції. Використання многочленів не високого порядку дає мале накопичення похибок.

Основним недоліком є не висока швидкість схожості точок інтерполяції, тому потрібно багато машинного часу.

## **2.4 Діаграма спрямованості**

Як правило, щоб показати побудовану діаграму спрямованості випромінювання в дальній зоні, через певну складність простежується тільки один контур (лінія або поверхня рівних значень) навколо випромінювання антени. Контурні поверхні зосереджені навколо антени, а контурні лінії центровані на взаємно перпендикулярних площинах, які перетинають антену, часто через лінію спільної симетрії. Диполь Герца передає як відомо в вертикальному напрямку дуже мало енергії, що близько до нуля [16].

Для отримання різних діаграм спрямованості розробляються різні конструкції складності антен та антенних систем. Складність діаграми залежить від конструкції самої антени та певних її характеристик.

Технічні описи антен іноді поставляються з тривимірними проекціями діаграм спрямованості. Але найчастіше ми бачимо двовимірні графіки і повинні самі уявити собі, як виглядає тривимірна модель діаграми спрямованості [17].

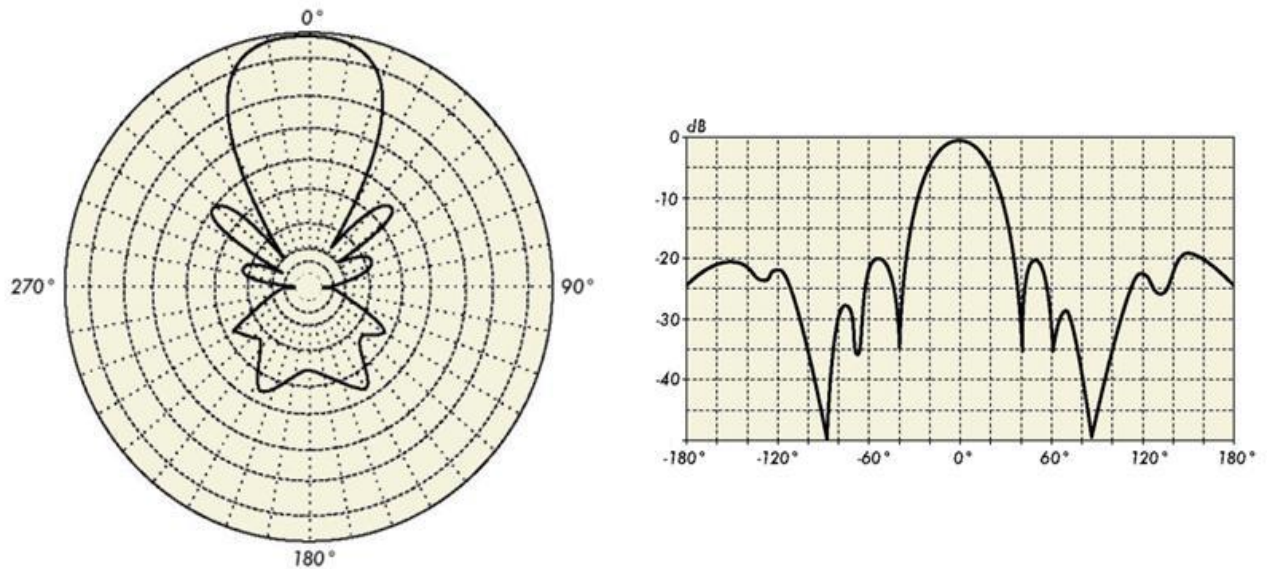


Рисунок 2.2 – Діаграма спрямованості для антени Яги в полярних і декартових системах координат

Майкл Фарадей помітив що, в ситуації коли діелектрики, їх ще називають ізоляторами поміщаються в проміжок між паралельно розташованими пластинами конденсатора тоді ємність збільшується. Це явище дуже щільно пов'язане з поляризацією відповідних зарядів всередині діелектричного середовища.

## 2.5 Типи діаграм спрямованості

Діаграми спрямованості антен, приблизно симетричні щодо напрямлення максимального випромінювання. Мають просторову характеристику випромінювання у вигляді сигарообразного тіла, носять назву «голчастих діаграм». Антени з діаграмами такого типу широко застосовуються на ретрансляційних лініях зв'язку. У радіолокаційної техніці вони використовуються для визначення місцезнаходження цілі. Однак антени з голчастими діаграмами не завжди можуть

бути застосовані через труднощі виявлення мети при пошуку як по куту місця, так і по азимуту [18].

Для полегшення пошуку мети в ряді радіолокаторів жертвують спрямованістю антени, більш-менш розширюючи її діаграму спрямованості в одній з площин і розділяючи завдання визначення кута місця і азимута цілі між двома пов'язаними між собою антенами. Такі діаграми спрямованості, широкі в одній площині і вузькі в іншій, носять назву «віялових діаграм» через їх схожості з віялом, що зображено на рисунок 2.3.

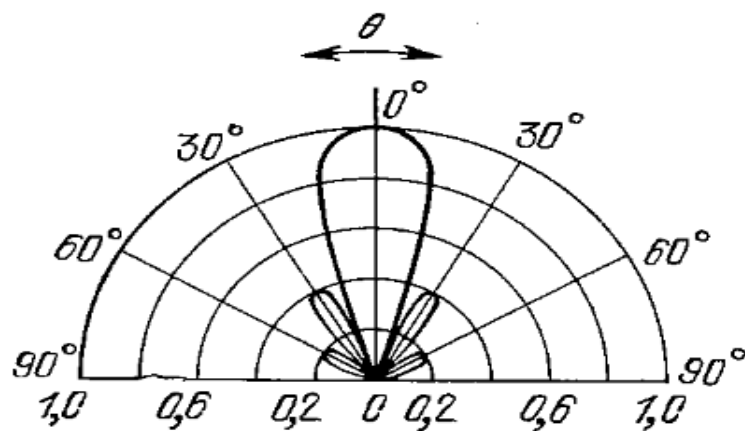


Рисунок 2.3 – Віялова діаграма спрямованості

Ця діаграма вузька в горизонтальній площині і широка в вертикальній. Застосування антени з такою діаграмою спрямованості забезпечує виявлення мети при пошуку по азимуту незалежно від її висоти  $h$  над землею. Також існує підтип віялової антени, де антена має вигляд горизонтального віяла. Така антена дозволяє визначати по куту місця висоти цілі від азимута в досить широких змінах останнього параметру. Виявлення мети двома такими антенами вже дає можливість точно визначити її місце розташування в просторі щодо радіолокаційної станції.

Особливості експлуатації цілого ряду радіолокаційних станцій накладають вимоги не тільки на кути розчину діаграм спрямованості в вертикальній і горизонтальній площинах, а й на саму форму цієї діаграми. Так, наприклад, у літакових радіолокаторів, призначених для виявлення наземних цілей (рисунок 2.4),

така діаграма спрямованості називається косекасною, також бажано мати таку діаграму спрямованості антени, яка забезпечувала б при вузькій діаграмі спрямованості в горизонтальній площині однакову інтенсивність відбиття від однакових об'єктів, що знаходяться в радіусі дії радіолокатора.

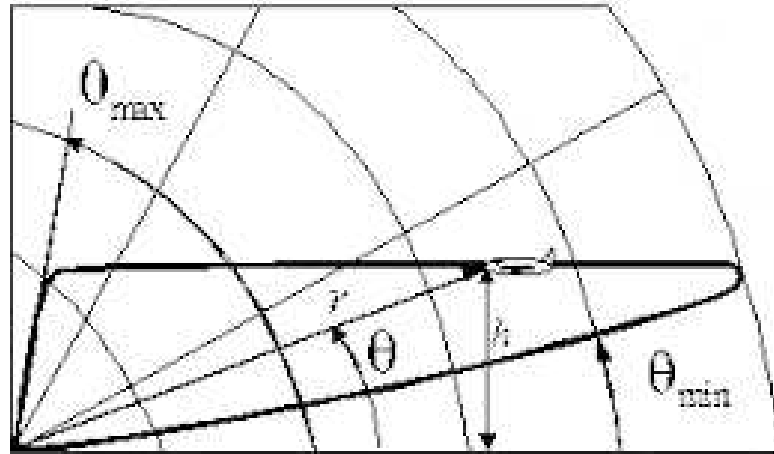


Рисунок 2.4 – Косекасна діаграма спрямованості

Так як напруженість поля при поширенні радіохвиль від радіолокатора до об'єкта виявлення зменшується обернено пропорційно відстані.

У корабельних радіолокаторів для пошуку цілей на поверхні моря іноді застосовуються антени з вертикальними віяловими діаграмами, що мають уплощену вершину (рисунок 2.5), вони називаються віяловими діаграмами. При використанні такої антени, жорстко пов'язаної з палубою корабля [19].

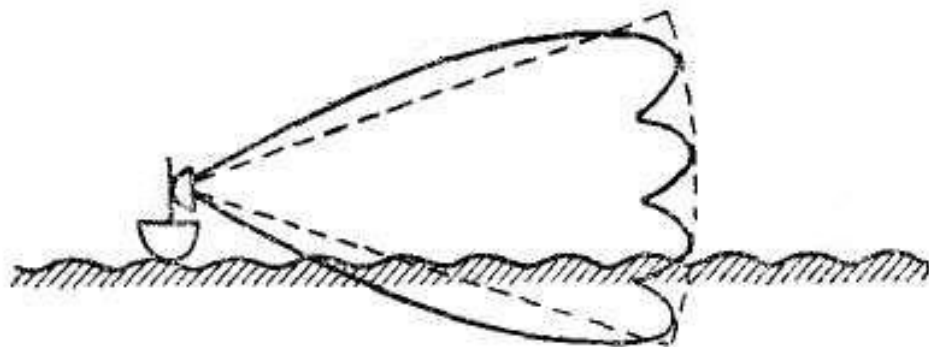


Рисунок 2.5 – Секторна діаграма спрямованості

Існують і інші види діаграм спрямованості, усі реальні діаграми спрямованості спеціальної форми трохи відрізняються від ідеальних, але ніяк не відображається на роботі таких антенних систем.

## 2.6 Алгоритм знаходження діаграми спрямованості

Для підрахунку чуттєвості  $\Phi(\mu)$  антени в відповідних точках датчиків, що отримують сигнал ми беремо набір координат датчика. Як джерело сигналу вважаємо точку, яка знаходиться на заданій відстані від датчика. Нехай  $\mu = 0^\circ$ , тоді можна розрахувати за формулою:

$$\Phi(\mu) = \sum_{n=1}^n e^{jkr} = 1 \sum_{n=1}^n \cos(k \times r) \quad (2.8)$$

де  $r$  – це відстань від джерела сигналу до датчика антени,

$k$  – коефіцієнт рахується за наступною формулою:

$$k = \frac{w}{c} = \frac{2\pi f}{c} \quad (2.9)$$

де  $f$  – це частота сигналу.

Ми отримуємо набір даних чутливості антени до відповідного кута  $\mu$ , далі потрібно пронормувати вибірку за формулою (2.9) [20].

$$\Phi = \frac{\Phi(\mu)}{\Phi_{\max}} \quad (2.10)$$

## 2.7 Основи побудови антен

Діелектрична проникність є мірою того, що може показати наскільки легко ці заряди можуть певним чином вибудовуватися тобто поляризуватися в присутності відповідного електричного поля. Більш висока діелектрична проникність може вказувати на велику стійкість до формування електричного поля, а також на більш повільне поширення в середовищі збурень, що грає певну роль.

Матеріал, який має високу діелектричної проникністю, а також оточений матеріалом з дуже низькою діелектричною проникністю, тобто з високою мірою ізоляції, не впливатиме на відповідну частоту коливань, але матеріал з високою діелектричної проникністю зменшить швидкість поширення хвилі. ~~Якщо згадати, то можна~~ Можна зробити відповідний висновок виходячи з міркування, що швидкість хвилі сигналу може дорівнювати добутку частоти на довжину хвилі, то ми можемо побачити та зробити висновок, що, якщо частота залишається постійною, а не змінюється, то зменшення швидкості повинно супроводжуватися відповідним зменшенням довжини хвилі. Коли хвиля виходить з матеріалу з високою діелектричної проникністю, швидкість і довжина хвилі збільшуються.

Коли антена вбудована в матеріал з високою діелектричної проникністю, тоді розміри антени можуть бути зменшені відповідно до зменшення довжини хвилі електромагнітних хвиль в безпосередній близькості від антени.

Деякі ранні GPS антени ( $f = 1,66$  ГГц) які мають розміри 60 мм на 60 мм і товщиною в кілька міліметрів, і врахувати схему приймача додатково збільшувала розмір пристрою. Завдяки одночасному використанню новітніх технологій, що зменшують розміри схем, і мікросмужкових антен останнього покоління, вбудованих в матеріали з високою діелектричною проникністю, тоді GPS пристрої, що включають в себе антену і приймач, вони можуть бути проведені в корпусі розміром 4 мм на 4 мм і товщиною 2,1 мм .

Схожі технології використовуються і в мобільних телефонах, де резонансні антени істотно менше довжини хвилі, яка поширюється в повітрі.

При переході хвилі між матеріалами з різною діелектричною проникністю енергія відбивається. Якщо хвиля рухається з матеріалу з низькою діелектричною проникністю (тобто з високою швидкістю поширення) в певних матеріал з високою діелектричної проникністю (тобто з низькою швидкістю поширення), хвиля буде піддаватися інверсії, що означає зрушення фази на 180 градусів. Відбиті хвилі можуть взаємодіяти з новими приходять хвилями, створюючи різні моделі інтерференції.

Магнітна проникність – це здатність матеріалу накопичувати енергію в магнітних полях. Нагадаємо, що сигнали випромінюються антенами у вигляді електромагнітного випромінювання – в процесі беруть участь і електричне, і магнітні поля. Можна зробити висновок що, не буде сюрпризом те, що магнітна проникність, як і діелектрична проникність, впливає на поширення електромагнітних хвиль. І діелектрична, і магнітна проникності дають в результаті зменшення швидкості хвилі і зменшення довжини хвилі [20].

Ізотропні антени є теоретичними точковими джерелами, які випромінюються електромагнітну енергію однаково в усіх напрямках. Загальна яку випромінює потужність визначається шляхом інтегрування потоку потужності на поверхні сфери радіусом  $r$ , яка оточує антену. Площа поверхні яку можна вирахувати за допомогою формули:

$$S = 4\pi r^2 \quad (2.11)$$

Інтеграл являє собою теоретичну повну випромінюється потужність. У міру віддалення від джерела площа поверхні інтегрує сфери збільшується пропорційно квадрату радіуса сфери. Енергія від ізотропних випромінювачів розсіюється рівномірно для покриття цієї збільшується площі, і, таким чином, щільність потоку електромагнітної потужності зменшується пропорційно квадрату відстані від випромінювача.

Оскільки щільність потужності ізотропного випромінювача зменшується швидко в міру збільшення відстані, розробники при створенні реальних антен маніпулюють напрямком випромінювання енергії так, щоб збільшити щільність потужності в потрібних напрямках і зменшити її в інших напрямках.

Коефіцієнт спрямованої дії (КСД, або просто спрямованість) – це відношення щільності потужності фізичної антени в найбільш концентрованому напрямку до щільності потужності теоретичного ізотропного випромінювача при тому ж рівні повної випромінюваної потужності.

Коефіцієнт корисної дії розраховується виходячи з фактичних втрат конкретної конструкції антени через виробничих дефектів, втрат поверхневого покриття, невідповідності імпедансу (хвильового опору) та інших факторів. У той



час як коефіцієнт спрямованої дії завжди більше або дорівнює 1 (0 дБ), коефіцієнт посилення антени може бути менше 1 (0 дБ).

## 2.8 Висновки до розділу 2

В другому розділі були розглянуті проблеми, які спричинили виникнення потреби розроблення системи моделювання діаграми спрямованості для гнучких протяжних антенних систем. Обґрунтували потреби розроблення вищезазначеної системи.

У другому розділі описали функціональні можливості антенних систем та основні принципи роботи, а також розглянули основні види діаграм спрямованості та основні ситуації для їх використання.

Були запропоновані алгоритми для інтерполяції точок та порівняння їх. Для знаходження діаграми спрямованості було описано алгоритм та основні формули для цього.

Як висновок з даного розділу після опрацьованого матеріалу було описано та обґрунтовано важливість побудови діаграми спрямованості при моделюванні форми та виду антени, щоб максимально використати можливості антенних систем відповідного типу.

У непрофесійних антенних системах дуже часто зустрічаються банальні помилки, пов'язані з неправильним проектуванням системи фазування окремих антен, а також з неправильним вирішенням питання узгодження. Важливо, що ці помилки можна виправити і завжди досить швидко відшукуються при уважному розборі. Але іноді труднощі, пов'язані з реалізацією проектних характеристик антенних систем, мають зовсім іншу причину. Пояснюється це тим, що при проектуванні антени, що складається з однакових антен, що всі елементи антени знаходяться в рівних умовах. Однак справа йде трохи іншим чином. Наприклад, антени, розташовані в нижніх рядах антеною системи, більшою мірою схильні до впливу землі, ніж антени, розташовані на більшій відстані від поверхні землі.

### 3. ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Для реалізації поставленої задачі треба обрати оптимальний шлях для вирішення поставлених задач. Перед початком написання дипломного проекту було проведено аналіз серед доступних мов програмування і технологій для вибору оптимального поєднання. Основними вимогами було до вибору мови програмування, щоб вона була високорівнева об'єктно орієнтовна. Легка можливість створення користувацького інтерфейсу за допомогою зручного конструктора форм. А також бажано щоб мова, на якій буде виконано дипломний проект була кросплатформенною.

#### 3.1 Засоби розробки

Для створення програмного модулю була використана мова програмування Java та фреймворк JavaFX для створення візуальної частини, а саме користувацького інтерфейсу. Для розробки інтерфейсу використана мова розмітки HTML, XML та мова стилю сторінок CSS. Було використано інтегроване середовище розробки IntelliJ IDEA, також для оформлення візуальної частини застосовувалося JavaFX Builder [21].

##### 3.1.1. Основна архітектура системи. Мова Java

На сьогоднішній день мова програмування Java є одним з найбільш популярних і масштабніших мов програмування. Перша доступна версія мови з'явилася ще в 1996 році в середині компанії Sun Microsystems, згодом яка була поглинена компанією Oracle. Java замислювався як універсальна та кросплатформена мова програмування, яку можна застосовувати для різного роду завдань [22]. І до теперішнього часу мову Java виконала великий шлях, було видано безліч різних версій. Поточною версією є Java 12, яка вийшла в березні 2019 року. А

Java перетворилася з просто універсальної мови в цілу платформу і екосистему, яка об'єднує різні технології, які використовуються в цілому ряду завдань: від створення десктопних додатків до написання великих веб-порталів і сервісів. Крім того, мова Java активно застосовується для створення програмного забезпечення для цілого ряду пристроїв: звичайних ПК, планшетів, смартфонів і мобільних телефонів і навіть побутової техніки. Досить згадати популярність мобільної ОС Android, більшість програм для якої пишуться саме на Java.

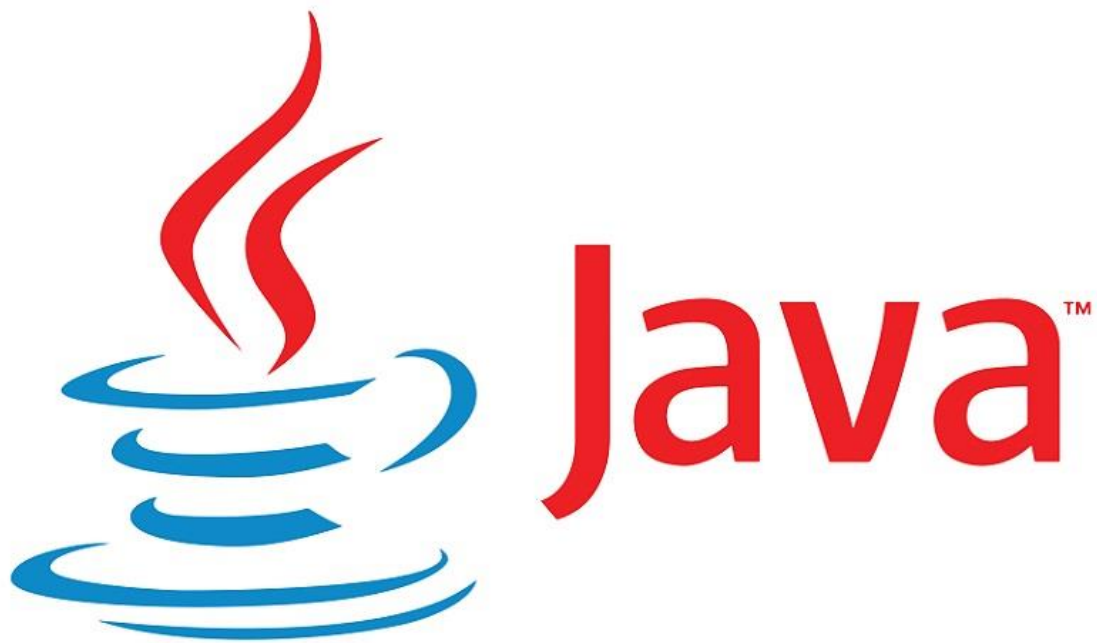


Рисунок 3.1 – Логотип мови Java в 1996 році

Ключовою особливістю мови Java є те, що його код спочатку транслюється в спеціальний байт-код, сумісний із різними платформами. А потім цей байт-код виконується віртуальною машиною JVM (Java Virtual Machine). В цьому плані Java відрізняється від стандартних різних мов як PHP або Perl, код яких відразу ж виконується інтерпретатором. У той же час Java не є і чисто компільованою мовою, як C або C++ [22].

Подібна архітектура забезпечує кроссплатформенність і апаратну переносимість програм на Java, завдяки чому подібні програми без перекомпіляції можуть виконуватися на різних платформах – Windows, Linux, Mac OS і т.д.

Для кожної з платформ може бути своя реалізація віртуальної машини JVM, але кожна з них може виконувати один і той же код.

Java є мовою з Сі-подібним синтаксисом і близький в цьому відношенні до С / С ++ і С #. Тому, якщо ви знайомі з одним з цих мов, то опанувати Java буде легше.

Ще однією ключовою особливістю Java є те, що вона підтримує автоматичну збірку сміття. А це означає, що вам не треба звільняти вручну пам'ять від раніше використовувалися об'єктів, як в С ++, так як збирач сміття це зробить автоматично за вас.

Java є об'єктно-орієнтованою мовою. Він підтримує поліморфізм, успадкування, статичну типізацію. Об'єктно-орієнтований підхід дозволяє вирішити завдання з побудови великих, але в той же час гнучких, масштабованих і розширюваних додатків [23].

Для роботи програм на мові Java на цільовій машині повинна бути встановлена JRE (Java Runtime Environment). JRE представляє мінімальну реалізацію віртуальної машини, а також бібліотеку класів. Тому, якщо ми хочемо запускати програми, то нам треба встановити JRE. Для кожної конкретної платформи є своя версія JRE [24].

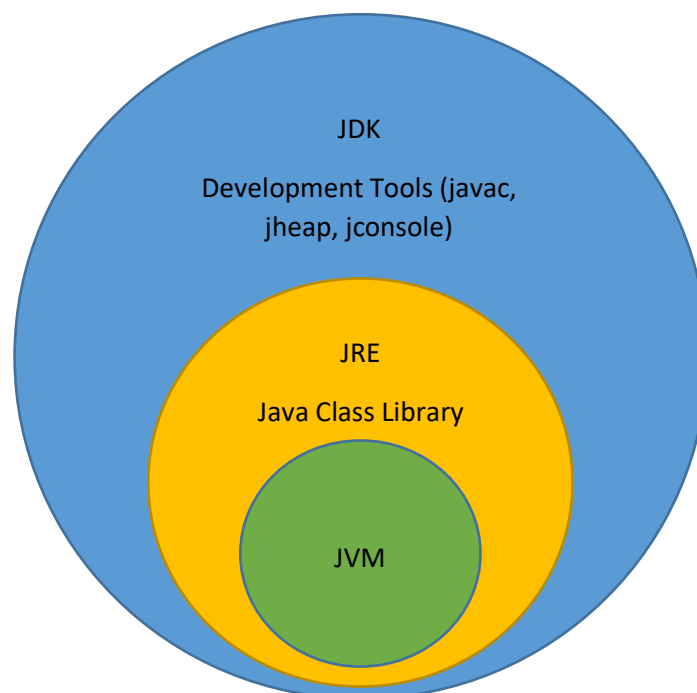


Рисунок 3.2 – Структура JDK

Однак, так як ми збираємося не тільки запускати програми, а й розробляти їх, нам буде потрібно спеціальний комплект для розробки JDK (Java Development Kit). JDK вже містить JRE, а також включає ряд додаткових програм і утиліт, зокрема компілятор Java, зображено на рисунку 3.2. Код написаний на Java за допомогою Java компілятора, що знаходиться в Java Development Kit трансформується в Java байт код. Далі при наявності Java Virtual Machine його можна запустити, але треба байт код ще перетвориться на машинні команди за допомогою Just-in-Time-Compiler, він уже вбудований в JRE.

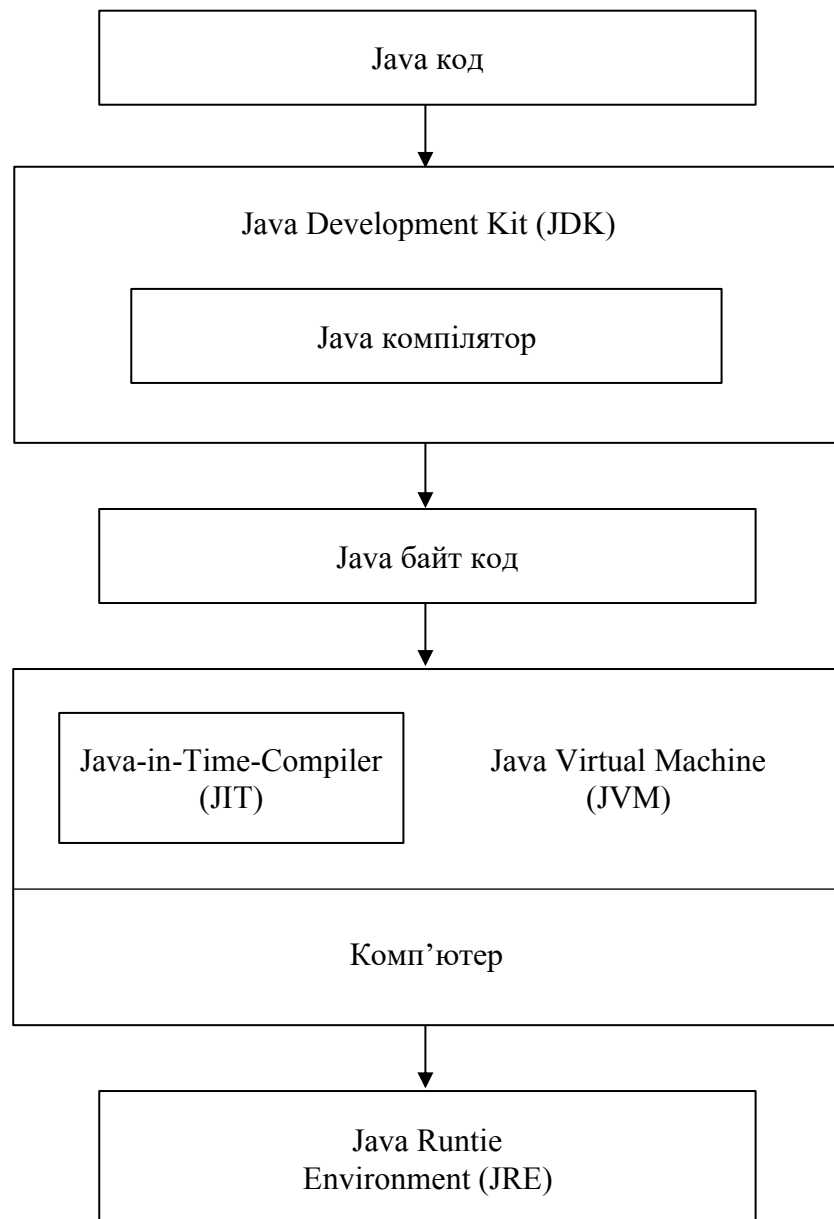


Рисунок 3.3 – Послідовність компіляції Java коду

### 3.1.2 Середовище розробки IntelliJ IDEA

У попередньому підрозділі ми розглянули, ми детально дізналися історію створення мови Java. Однак в реальності, як правило, великі програми написані на Java чи будь-якій іншій мові розробляються не за допомогою простого текстового редактора, а з використанням таких засобів як IDE або інтегровані середовища розробки, які спрощують і прискорюють написання коду і створення додатків. На даний момент найпопулярнішою середовищем розробки для Java є IntelliJ IDEA від компанії JetBrains (по ряду опитувань на момент середини 2018 нею користувалося до 60% розробників на Java) [25].

Данне середовище розробки IntelliJ IDEA має безкоштовну версію (Community) для всіх бажаючих спробувати писати код на Java. Для досвідчених користувачів доступна версія Ultimate, її також можна отримати безкоштовно для студентів, тому, що її ліцензія коштує досить дорого.

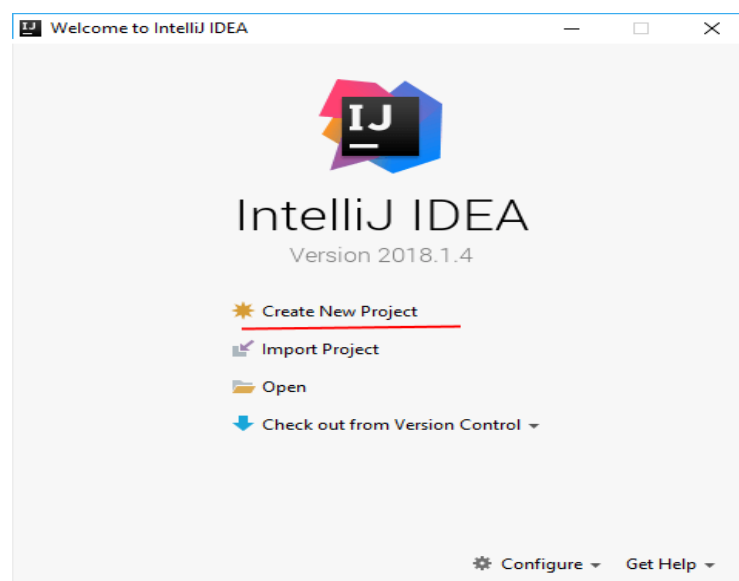


Рисунок 3.4 – Стартове вікно IntelliJ IDEA

Після установки запустимо IntelliJ IDEA і створимо перший проект. Для цього на стартовому екрані виберемо «Create New Project» для створення нового проекту, якщо вибрати «Import Project» чи «Open» можна відкрити вже існуючий проект, також за допомогою «Check out from Version Control» кодову базу можна викачати з системи контролю версій.

В першу чергу, команда сконцентрувалася на створенні засобів для рефакторинга і аналізу. Якраз з цього народилася сучасна IDEA. Розвиваючись в цьому напрямку, творці змогли розробити продукт, в якому код пишеться частково вами, а частково машинним інтелектом. А все починалося з того, щоб забезпечити зовсім утилітарні функції: комфортне перейменування класів, методів, автоматичне визначення та інше [26].

До речі, середовище розробки – лише один з найяскравіших продуктів від JetBrains. Продовжуючи працювати над середовищем і деякими іншими проекторами, вони усвідомили, що Java істотно обмежує їх можливості. Але це не стало приводом для переходу на C або інший подібний мову високого рівня. Замість цього компанія розробила свій, під назвою Kotlin, який повинен замінити Java на всіх етапах. Цікаво, що Google включила цю мову в Android Studio як один з основних. AS – це офіційна IDE для створення продуктів під операційну систему Android.

IntelliJ IDEA – це, перш за все, середовище розробки для Java. З цією мовою вона дружить найбільше, відмінно його розуміє і допомагає в написанні розробнику. Але це не означає, що все закінчується на Java і власною мовою Kotlin. Не менш важливим є підтримка їх таких передових технологій, як Groovy, Scala та інше. Вони поєднують в собі можливості динозаврів, як Java разом з функціоналом Ruby, Smalltalk та інше. Не забувають в компанії і про тренди, адже для більшості веб-мов створені свої окремі середовища, засновані на IntelliJ IDEA. Серед них:

- PhpStorm – середовище розробки на PHP, яка активно використовується як для вивчення мови, так і для професійної детальності
- RubyMine – середовище для взаємодії з мовою Ruby
- PyCharm для Python
- AppCode для Objective-C

Все це створюється невеликими командами по всьому світу. І сьогодні IntelliJ IDEA – це найбільш інтелектуальне середовище. Вона по ходу написання і виконання може проаналізувати код, виявити помилки і запропонувати гідне рішення. Наприклад, IDEA може побудувати синтаксичне дерево, коли ви ще тільки

набираєте код. Проаналізувавши посилання і ті шляхи, за якими програма може бути виконана, IDE пропонує варіанти того, як код може бути доповнений.

### 3.1.3 Мова розмітки HTML

Термін HTML (Hypertext Markup Language) перекладається зазвичай на українську як «Мова маніпуляції гіпертекстів». Ключовим словом тут є «гіпертекст». Під ним мається на увазі, на відміну від самого простого тексту, можливість створення повноцінних документів, що містять різноманітні шрифти, графіку, звук і навіть відео, що досягається шляхом включення в текст спеціальних вказівок (їх іноді називають «тегами»). Структура тегів чітко обумовлена в описі мови [27].

Видача цілого гіпертекстового документа (або, як часто говорять, «сторінки») на екран або монітор проводиться відповідно до цих вказівок. Проте більшості випадків автор документу не створює деталей, вважаючи, що вони не мають багато сенсу. Тоді програма, що здійснює видачу документу, використовує успішно створені нею – при створенні або в процесі налаштування користувачем – відповідні значення. Відповідно, одна і та ж HTML-сторінка може відображатися по різному на різних машинах, і навіть на одній машині в різні моменти часу.

Зазвичай в HTML сторінці не визначається шрифт шрифт текстової частини документу – не вказано ні назва шрифту, ні його тип, ні його розмір. З цього витікає, що видача на машині з встановленим за замовчуванням значенням розміру шрифту в 16 одиниць буде виглядати зовсім по-іншому, ніж на машині зі шрифтом в 10 одиниць. Навіть при однакових шрифтах у вікнах різного розміру сторінка буде відрізнятися – стане ширшою чи вужчою у вузькому вікні.

Другою важливою особливістю мови HTML є можливість включення в документ посилань на інші документи. Зовні посилання виглядає як виділене (наприклад, кольором або підкресленням) місце тексту або малюнка. Поставивши курсор миші на це місце і натиснувши кнопку, користувач отримає на екрані новий документ – той, який був зазначений на посиланні. Таким чином з'являється



можливість переходити з одного документу на інший, можливо, навіть розташований на іншій машині.

Мова HTML існує в декількох варіантах і продовжує розвиватися, але конструкції HTML швидше за все будуть використовуватися і надалі. Вивчаючи HTML і пізнаючи його глибше, створюючи документ на початку вивчення HTML і розширюючи його наскільки це можливо, ми маємо можливість створювати Web-сторінки, які можуть бути переглянуті багатьма браузерами Web, як зараз, так і в майбутньому. Це не виключає можливості використання інших методів, наприклад, метод розширених можливостей, що надається Opera, Google Chrome, Internet Explorer або іншими браузерами [28].

Зазвичай HTML документ – це файл з розширенням .html або. htm, в якому текст розмічений HTML тегами. Засобами HTML задаються синтаксис і розміщення тегів, відповідно до яких браузер відображає вміст Веб-документа. Текст самих тегів Веб-браузером не відображається.

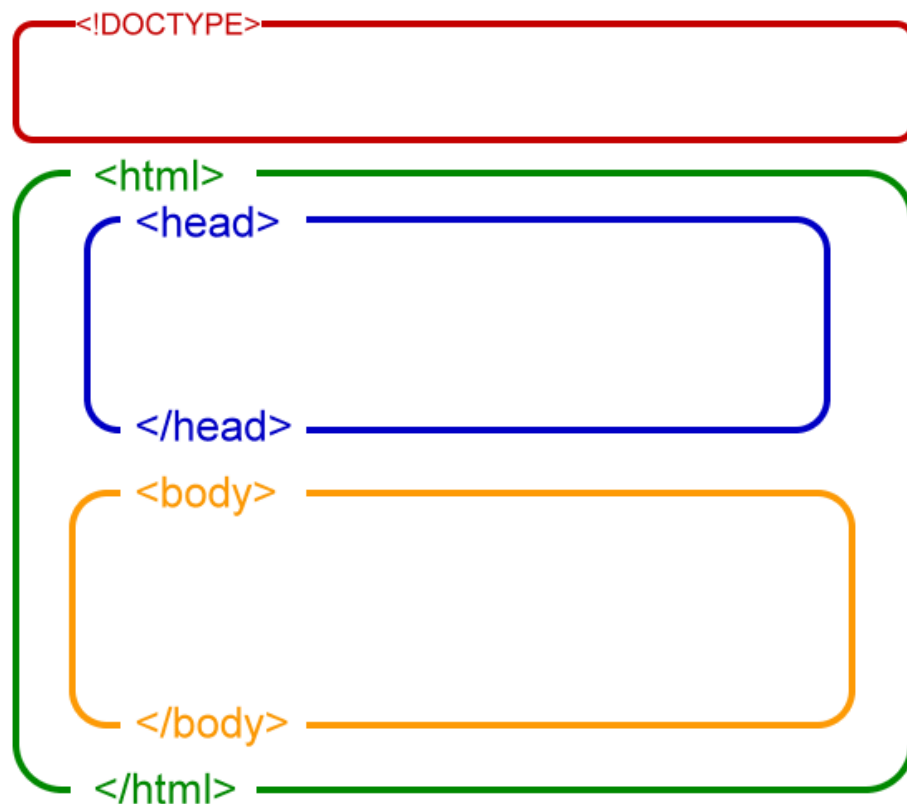


Рисунок 3.5 Структура HTML документа

Всі теги починаються символом «<» і закінчуються символом «>». Звичайно є пара тегів – стартовий відкриває і завершальний, що закриває тег схоже на що відкриваються і закриваються дужки в математиці, між якими міститься розмічається інформація [29].

Браузер, який читає HTML документ, має вміти відображати його у вікні, використовуючи декларовану доступну структуру HTML тегів. У кожному HTML документі повинні бути присутніми три головних частини:

- Оголошення HTML;
- Частина з заголовком;
- Тіло документа HTML.

### **3.1.4 Мова розмітки XML**

XML активно використовується для розмітки стандартних документів багато в чому так само, як HTML. Однак XML орієнтований на роботу зі структурованими даними, такими що, як результати запиту, метаінформація про Web-вузли або елементи і встановлений режим роботи. Документ XML зовні схожий на HTML. Він також складається з текстових фрагментів, анотованих ув'язненими в кутові дужки тегами. XML – це мова розмітки, що описує цілий клас об'єктів даних, званих XML документами. Ця мова використовується в якості засобу для опису граматики інших мов і контролю за правильністю складання документів. Тобто сам по собі XML не містить ніяких тегів, призначених для розмітки, він просто визначає порядок їх створення. Мова XML – це універсальний формат для структуризації документів і даних, застосовуваний для обміну інформацією, дозволяючи різним комп'ютерним системам, мова XML дає можливість обмінюватися відомостями про дані, істотно підвищуючи ефективність. За прогнозами експертів, XML в майбутньому стане основою взаємовідносин між системами [30].

XML документ являє собою звичайний текстовий файл, в якому за допомогою спеціальних маркерів створюються елементи даних, послідовність і вкладеність яких визначає структуру документа і його зміст. Основною перевагою XML документів є те, що при відносно простому способі створення та обробки (звичайний текст може редагуватися будь-яким тестовим процесором і оброблятися стандартними XML аналізаторами), вони дозволяють створювати структуровану інформацію, яку добре комп'ютери.

Для створення XML документа в найпростішому випадку не знадобиться нічого крім звичайного текстового редактора. При створенні власної мови розмітки можна придумувати будь-які назви елементів, (майже будь-які, тому що список допустимих символів обмежений), відповідних контексту їх використання. Таким чином, у розробників з'являється унікальна можливість визначати власні теги, що дозволяють їм найбільш ефективно визначати дані, що містяться в документі. Автор документа створює його структуру, будує необхідні зв'язки між елементами, використовуючи, ті теги, які задовольняють його вимогам і домагається такого типу розмітки, яке необхідно йому для виконання операцій перегляду, пошуку, аналізу документа.

Ще одним з очевидних переваг XML є можливість використання його в якості універсальної мови запитів до сховищ інформації. XML документи можуть виступати в якості унікального способу зберігання даних, який включає в себе одночасно засоби для розбору інформації й представлення її на стороні клієнта. У цій області одним із перспективних напрямків є інтеграція Java і XML технологій, що дозволяє використовувати переваги обох технологій при побудові машинно-незалежних додатків, що використовують, крім того, універсальний формат даних при обміні інформацією.

XML дозволяє також здійснювати контроль за коректністю даних, що зберігаються в документах, робити перевірки ієрархічних співвідношень усередині документа і встановлювати єдиний стандарт на структуру документів, змістом яких можуть бути самі різні дані. Це означає, що його можна використовувати при побудові складних інформаційних систем, в яких дуже важливим є питання обміну

інформацією між різними додатками, що працюють в одній системі. Створюючи структуру механізму обміну інформації на самому початку роботи над проектом, менеджер може позбавити себе в майбутньому від багатьох проблем, пов'язаних з несумісністю використовуваних різними компонентами системи форматів даних.

Для спрощення організації та роботи з інтерфейсом в JavaFX, який був використаний для написання програмного модулю може використовуватися мова розмітки FXML, який створений на основі XML. FXML дозволяє визначити інтерфейс програми декларативним способом подібно до того, як веб-сторінки визначаються за допомогою HTML [30].

### **3.2 висновки до розділу 3**

В цьому розділі були розглянуті основні інструменти для розробки системи моделювання діаграми спрямованості для гнучких антенних систем.

Було обрано Java як основну мову для написання системи, оскільки вона володіє усіма основними перевагами і є оптимальним вибором для написання подібної системи. Це високорівнева мова програмування, яка має перевагу в кросплатформеності і має інтегровані можливості для конструювання візуального інтерфейсу за допомогою вбудованої підтримки JavaFX. Було використано Scene Builder для побудови структури візуального інтерфейсу, який базується на XML.

Для виконання дипломної роботи було важливо провести повний аналіз існуючих зручних інструментів для виконання поставлених задач. Це буде впливати на час виконання, якість, швидкість роботи продукту та звісно якість.

При розробці і реалізації програмного продукту я використав інтегровану систему розробки IntelliJ IDEA, тому що, вона спроектована так, щоб не вибивати розробника зі стану максимальної ефективності, якщо він вже в нього потрапив. На всі дії, які потрібні під час написання коду, тобто «гарячі» комбінації клавіш для швидкого доступу до них, в тому числі – визначення символів у спливаючих вікнах.

## 4. ВЗАЄМОДІЯ З КОРИСТУВАЧЕМ

У цьому розділі буде розглянуто про основні можливості та взаємодія користувача з системою. Також ми переглянемо системні вимоги та інструкцію по інсталяції програмної системи оскільки система працює при наявності JVM інсталюваної на комп'ютері. У випадку останнього, користувачеві не потрібно встановлювати ніяких додаткових інструментів, програмний модуль являє собою додаток що запускається у вигляді форми. Для того, щоб можна було користуватись системою моделювання діаграми спрямованості для гнучких протяжних антенних систем потрібно встановити додаткові інструменти у вигляді середовища для Java.

### 4.1. Встановлення та налаштування програмного продукту

Щоб запустити програмний модуль необхідно слідувати переліку системних вимог:

- IBM-сумісний комп'ютер з видом процесора класу Intel Core та вище й його тактовою частотою 1.5 Гц або AMD фірми процесор.
- Об'єм оперативної пам'яті має дорівнювати 1Гб або більше.
- Доступ до мережі Інтернет не є обов'язковим.
- Близько 200Мб дискового простору на комп'ютері.

Для інсталювання системи , потрібна наявність наступних системних засобів:

- Операційна система Microsoft Windows (XP, 10), чи дистрибутив Linux та Mac OS.
- Встановлена Java версією 8 або вище.
- Встановлено середовище JRE або JDK.

У разі потреби в модифікації коду чи додавання нових можливостей у систему чи у разі зміни користувацького інтерфейсу необхідно встановити усі пакети та додатки для нормального функціонування застосунку та подальшої розробки.

## 4.2. Опис програмного продукту

Основною функцією, що входить до кола завдань і зараз активно вирішується в сучасній радіоелектроніці – це побудова та проектування антен, а ще й їх технічне ускладнення за рахунок інтенсивного розвитку за останні роки. Вони активно використовуються в зв'язку, телекомунікаціях, а також в радіолокації та радіокеруванні. Гнучкі антенні системи знайшли свою роль у військовій галузі і активно використовуються для відслідковування наземних, повітряних, а також наводних і підводних об'єктів. Для військових антени також відіграють важливу роль в системах визначення державної приналежності, інструментів посадки, телеметрії та радіоелектронної протидії. Все це неможливо без застосування антен з різними характеристиками та відповідними типами антен.

В процесі розвитку антен, вони модернізувалися конструктивно та все більше ускладнювалися для виконання більш складних задач:

- Збільшення дальності дії антени
- Використання їх при будь яких погодних умовах без зміни їх технічних можливостей та характеристик.
- Можливість працювати на більш низьких частотах

Антени часто перетворювалися з простих пристроїв в складні динамічні системи, що містять в більшості випадків сотні, тисячі різних елементів.

Конструктивно антени можуть мати декілька різних типів і форм. Важливо знати діаграму спрямованості для антени, оскільки саме дає розуміння чи цей вид антени і її форма задовольняють потреби у вирішенні задачі для пошуку та відслідковування об'єктів у зоні видимості антени. Потрібно розуміти куди направлена антена і в залежності від частоти сигналу чи будуть пелюстки покривати зону моніторингу. Саме тому в проектному модулі можна задати основні характеристики і налаштування при яких антена буде працювати щоб отримати максимальний результат. Система дає можливість будувати декілька окремих графіків з різними параметрами що мати можливість порівнювати які параметри підходять більше і задовольняються поставлену задачу.

### 4.3. Сценарій роботи користувача з програмою

В даному розділі ми розглянемо як користувач буде взаємодіяти з системою. Оскільки це програма для стаціонарного використання на комп'ютері у вигляді форми, підключення до інтернету не є обов'язковим. Вважаємо, що всі необхідні кроки для створення середовища Java, а саме встановлення JRE чи JDK виконано. Рисунок 4.1 ілюструє стартову сторінку користувача, вона ж є основною, з якою буде взаємодіяти користувач.

Дипломна робота Ревнюк О.В.

Тема:  
"Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем"

Виконав: Ревнюк О.В.  
Керівник: Гуржій О.А.

X	Y
1.0	1.0
2.0	2.0
3.0	3.0
4.0	4.0
5.0	5.0

Кількість датчиків [шт]:

Масштаб [м]:

Швидкість звуку [м/с]:

Частота [Гц]:

Рисунок 4.1 – Стартова сторінка користувача

Користувачу потрапляючи на головну сторінку, необхідно ознайомитися з формою та основними полями та кнопка з якими може взаємодіяти він. В програмному модулі уже задано початкові дані для демонстрування роботи додатку, з даними введенними за замовчуванням. Дані перевіряються на коректність введення користувачем.

Користувачу пропонується дружній інтерфейс завдяки якому, користувач легко розуміє, що йому необхідно натиснути та які дані ввести. Система надає набір функціональних кнопок:

- «Початкові точки» натиснувши на цю кнопку користувачу відображається антена побудована по початковим заданим точкам, яких може бути від 4 до 10.
- «Положення датчиків» дана функціональна кнопка відповідає за побудову графіка по формі заданого початковими точками, але з заданою кількістю датчиків, яку можна задати у полі «Кількість датчиків»
- «Побудувати діаграму спрямованості» натиснувши на цю кнопку користувач буде діаграму спрямованості по створеній антені на попередньому кроці і заданими параметрами.

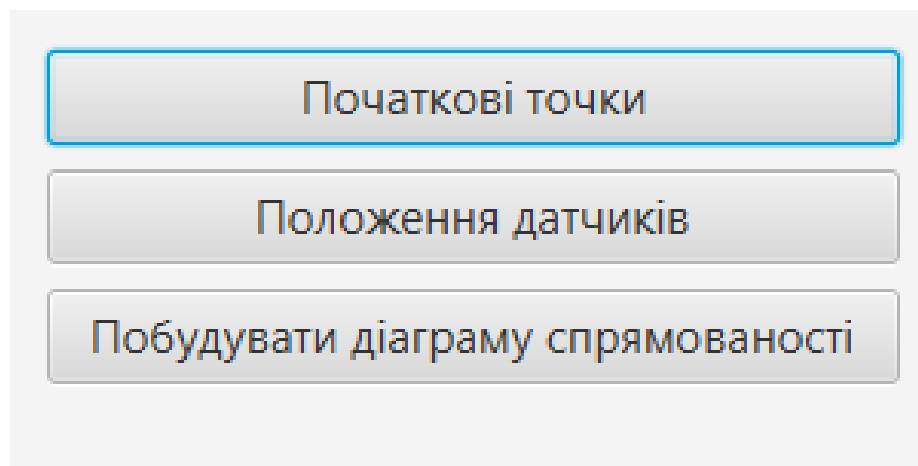


Рисунок 4.2 – Основні функціональні кнопки

До основних параметрів які користувач має вводити належать, саме вони дають гнучкість системі, а саме її використання в повітрі, на землі та воді, оскільки швидкість звуку різна у кожному середовищі і також залежить від температури:

- Початкові точки, це таблиця де можна ввести від 4 до 10 параметрів координат, оскільки початкова антена задається в полярній системі координат.



- «Кількість датчиків» – вимірюється в штуках, саме тут можна задати бажану кількість датчиків для антени, оскільки кількість датчиків початкових які можна ввести від 4 до 10, а система дає можливість будувати до 10 000 датчиків, які розміщуються рівновіддалено один від одного.
- «Масштаб» вимірюється в метрах і дає можливість змінювати розміри антени, тобто масштабувати до бажаної величини.
- «Швидкість звуку» вимірюється в м/с і важливим параметром, який залежить від середовища, де використовується антена, а саме використання на землі, повітрі, чи воді. За допомогою спеціального прибору можна виміряти швидкість звуку. Цей параметр також дуже чутливий до температури та погодних умов.
- «Частота» вимірюється в Гц, задається цим параметром частота сигналу, який буде подаватись на антену.

X	Y
1.0	1.0
2.0	2.0
3.0	3.0
4.0	4.0
5.0	5.0

Кількість датчиків [шт]:

Масштаб [м]:

Швидкість звуку [м/с]:

Частота [Гц]:

Рисунок 4.3 – Вхідні параметри системи

Коли користувач ознайомився з функціональними можливостями системи, а саме вхідними параметрами та функціональними кнопками можна перейти до побудови діаграми спрямованості антени, яка складається у декілька кроків:

- Будуємо антену за допомогою початкових точок, які задаються в полярній системі координат.
- Задаємо кількість датчиків і будуємо на заданих вхідних точках антену з заданою кількістю датчиків.
- Побудова діаграми спрямованості антени після введення всіх вхідних параметрів.

Побудуємо початковий графік на основі 5 початкових точках. По графіку видно які саме початкові точки, масштаб було задано 1м, так виглядає параметр за замовчуванням. Натиснувши кнопку «Початкові точки» система відкриває нове вікно на рисунку 4.4, де вимальовується вигляд антени по заданим нами параметрами.

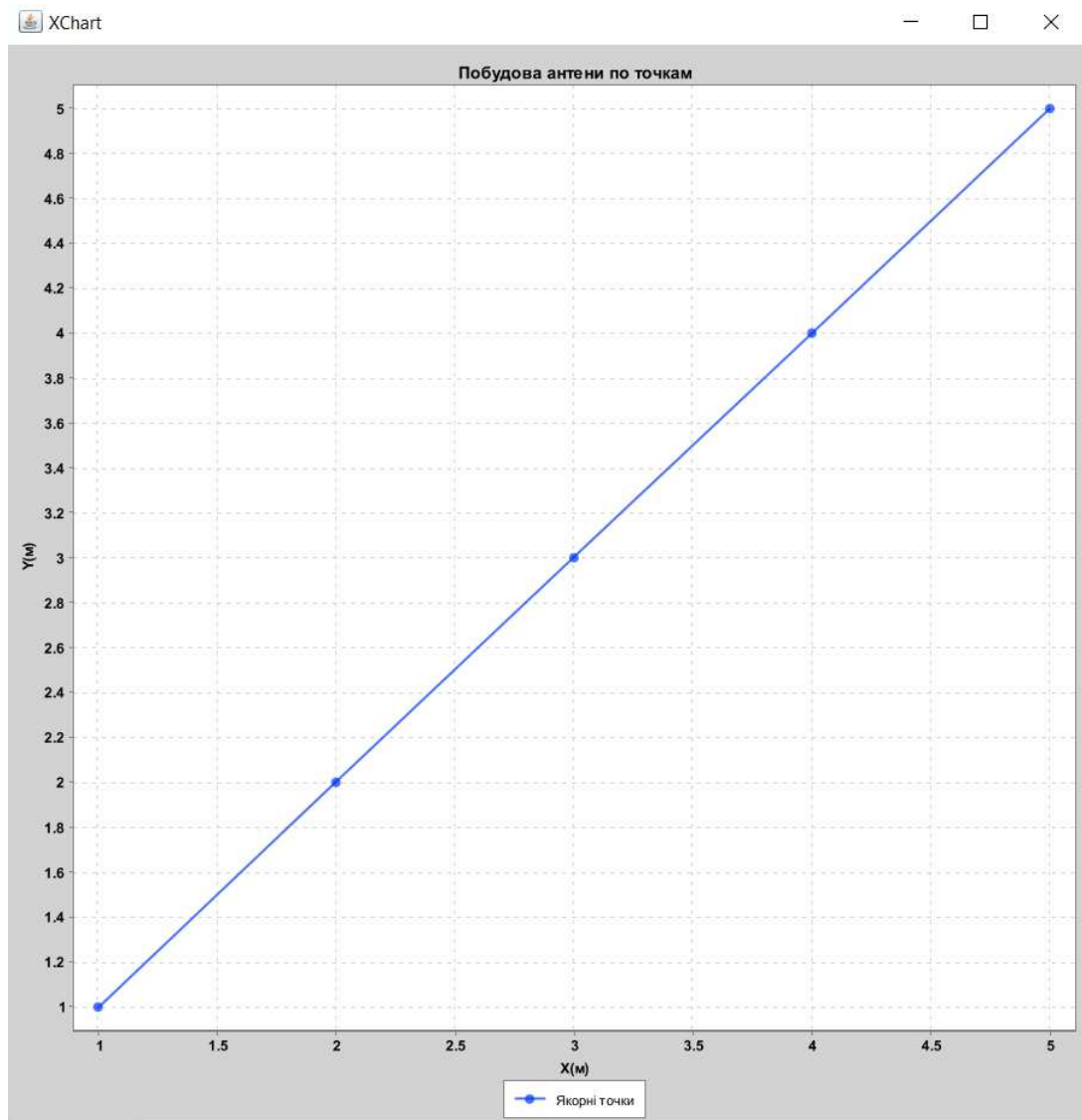


Рисунок 4.4 – Побудова антени по заданим точкам

Наступний крок – це побудова антени по заданим точкам а також із заданою кількістю датчиків антени, які слухають розповсюдження сигналу. Для побудови такого графіка ми використаємо попередні точки і задамо 1000 як бажана кількість датчиків, зображено на рисунку 4.5.

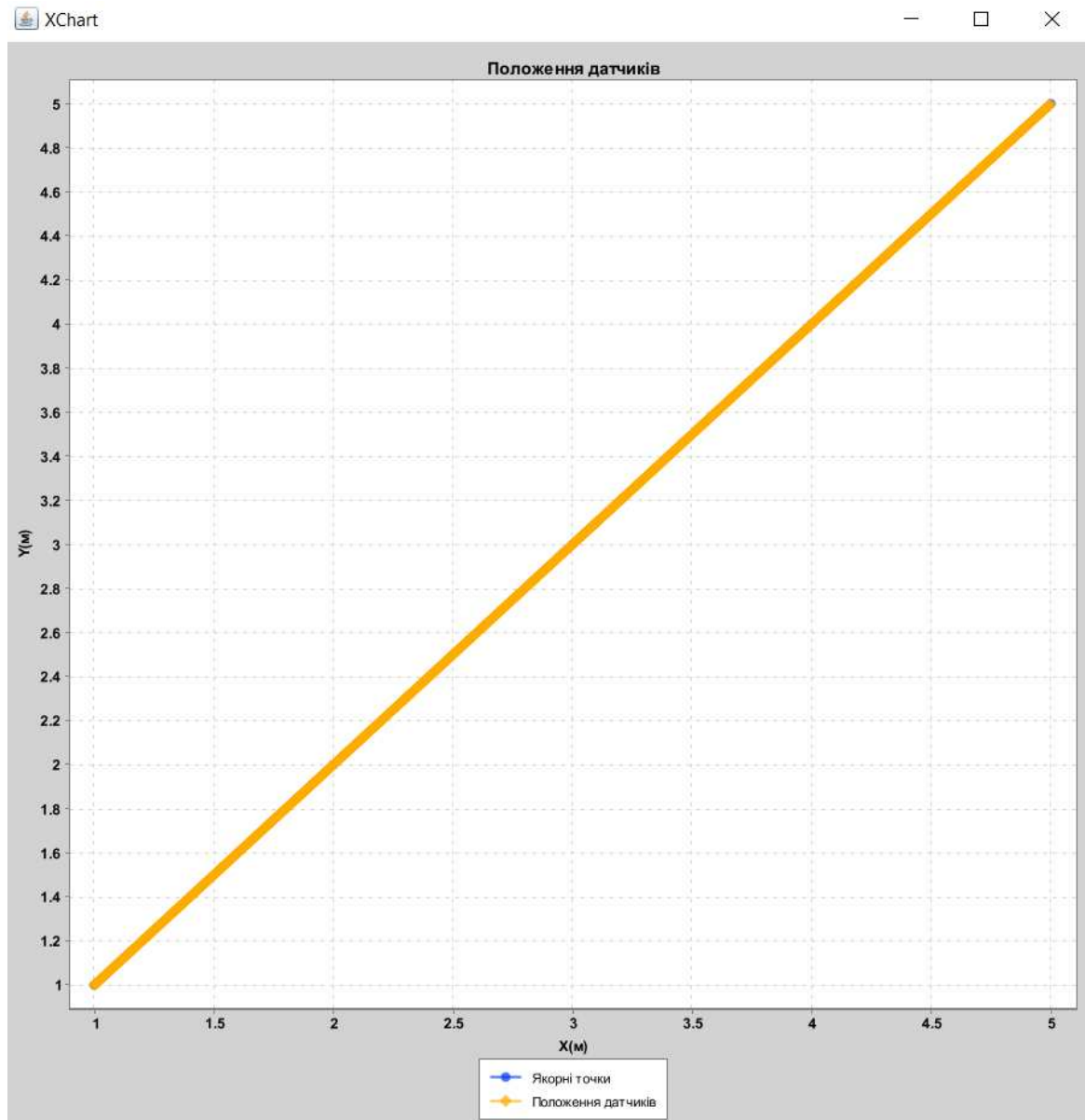


Рисунок 4.5 Побудова антени із заданою кількістю датчиків

Для побудови антени по заданим точкам використовується в системи один із методів інтерполяції, а саме метод Лагранжа. З попередніх розділів саме цей метод є оптимальним для використання оскільки має достатню точність для вирішення нашої системи, а також сучасні комп'ютери мають досить потужні ресурси, тому

при великій кількості вхідних датчиків інтерполяція займає досить мало. Давайте спробуємо побудувати антени більш складної форми, що зображено на рисунку 4.6.

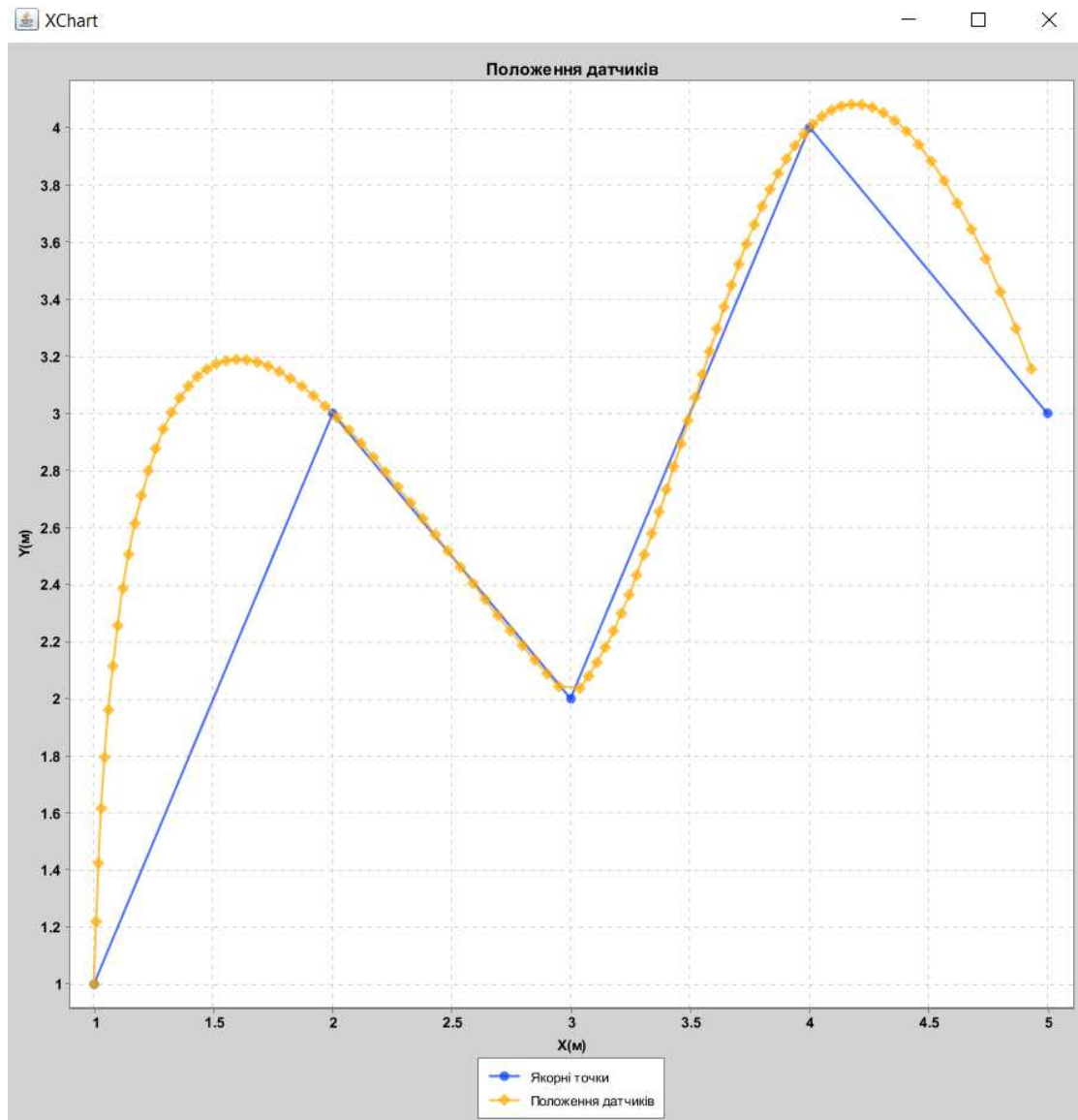


Рисунок 4.6 – Побудова більш складної антени із заданою кількістю датчиків

Останній крок при моделюванні антени – це побудова діаграми спрямованості. Для правильної роботи програми потрібно ввести всі вхідні дані і натиснути кнопку для побудови діаграми спрямованості. Цей крок є самим важливим при проектуванні антени а також вибору типу яку саме антену ми хочемо отримати. На рисунку 4.6 можна побачити, що діаграми спрямованості має 4 пелюстки 2 з яких мають сильну вираженість на кінцях антени. Маленькі 2 пелюстки свідчать, що ближче до центру антена менш чутлива.

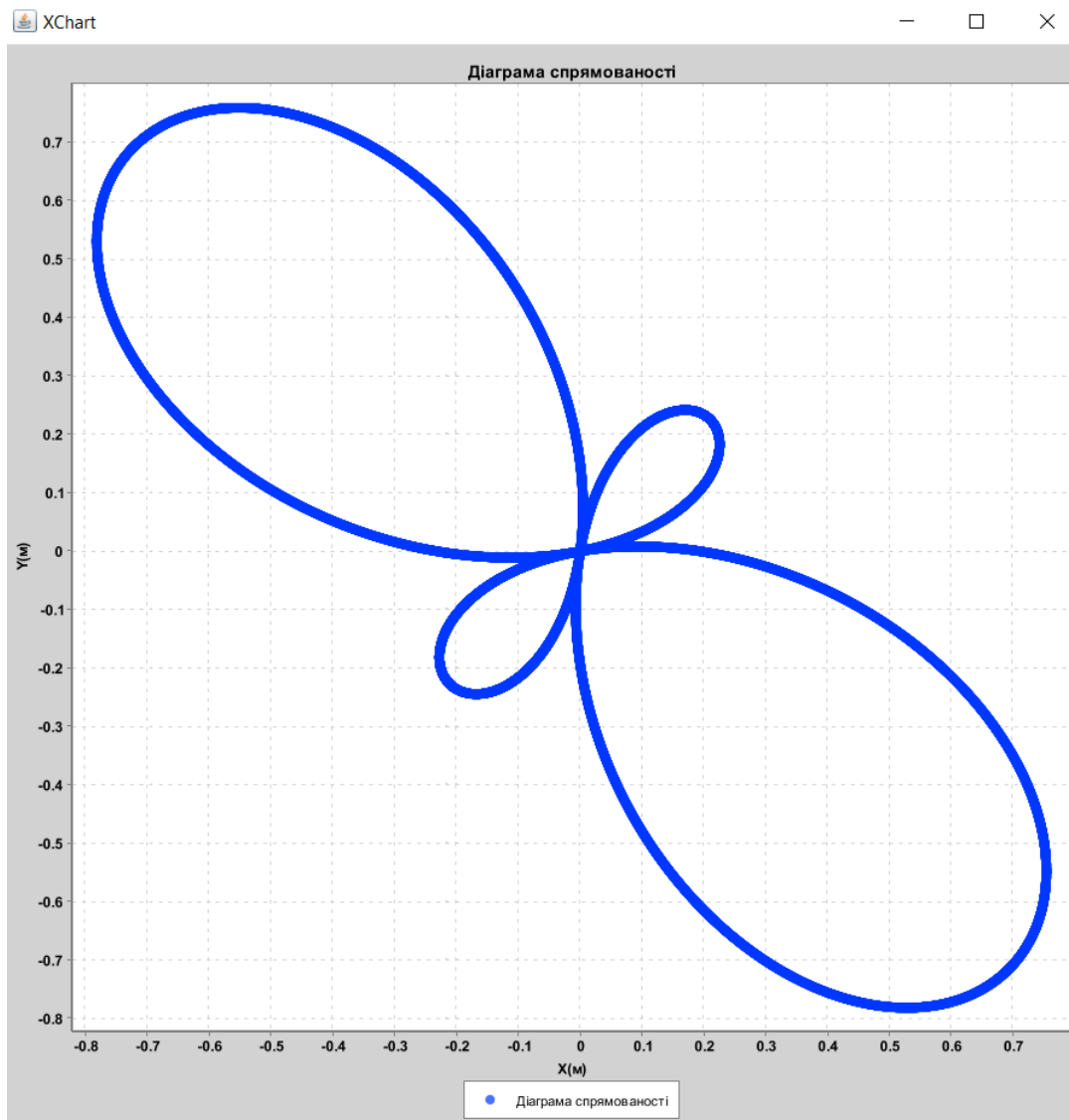


Рисунок 4.7 – Діаграма спрямованості

#### 4.4. Висновки до розділу 4

У цьому розділі представлена покрокова детальна інструкції щодо роботи з системи моделювання діаграми спрямованості для гнучких протяжних антенних систем.

Показано можливі варіанти взаємодії користувача з системою, а саме описано покроково, як працювати з системою та детально описано усі її можливості для моделювання діаграми спрямованості.

## 5. СТАРТАП ПРОЕКТ

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижченаведених кроків.

### 5.1 Опис ідеї проекту

В межах підпункту слід проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

1. Зміст ідеї (що пропонується).
2. Можливі напрямки застосування.
3. Основні вигоди, що може отримати користувач товару.
4. Чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці (таблиця 5.1) і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки.

Таблиця 5.1. – Опис ідеї стартап-проекту

<b>Зміст ідеї</b>	<b>Напрямки застосування</b>	<b>Сегменти споживачів</b>
Моделювання діаграми спрямованості при розробці антенних систем	1.Визначення направленості антени та її чутливості	Військове обладнання
	2.Забезпечення корегування чутливості антени	Компанії в сфері телекомунікаційних технологій

Таблиця 5.1.(продовження) – Опис ідеї стартап-проекту

	3.Системи, які використовують методи підрахунку діаграми спрямованості	Військове обладнання
--	--	----------------------

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

1. Визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї.

2. Визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку.

3. Проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2. – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п		(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Мій проект	Система MMANA-GAL	Система Lazarus	Системи
1	W слабка сторона	Відносно повільний час роботи	Повільний час роботи	Не є направленими на конкретну предметну область.	Не враховує особливості певних параметрів системи

Таблиця 5.2 (продовження) – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

2		Відсутність обробки доступних моделей антенних систем	Матеріали додають лише зареєстровані користувачі	Не враховує особливості формування сценаріїв	Обрахунки не автоматизовані
3	N нейтральна сторона	Можливість роботи без доступу до інтернет	Надто багато функцій	Можливість задавати валідацію даних	Проводиться спеціально нанятим персоналом
4	N нейтральна сторона	Невелика ресурсозатратність на стороні користувача	Експерт може користуватися лише готовою схемою побудови діаграми спрямованості	Експерт може користуватися лише готовою схемою побудови діаграми спрямованості	Експерт може користуватися лише готовою схемою побудови діаграми спрямованості
5	S сильна сторона	Кроссплатформний застосунок	Формування сценарію відбувається автоматично	Можливо використовувати в різних предметних областях	Формування більш детального сценарію



Таблиця 5.2 (продовження) – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

		Дуже швидке оновлення технологій забезпечує легке впровадження нових функцій	Побудований сценарій можна представити у вигляді діаграм для більшої наочності	Присутні шаблони заповнення вакансій та профілів кандидатів	
		Існує можливість порівняльного аналізу навиків у випускника та потреб ринку	Існує можливість автоматизувати деякі дії		

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 5.6):

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту.
2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/додати.
3. Чи доступні такі технології авторам проекту.

Таблиця 5.3. – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології і реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтерфейс користувача	Мова програмування	Наявна	Умовна безкоштовно

		Java		
--	--	------	--	--

Таблиця 5.3. (продовження) – Технологічна здійсненність ідеї проекту

2	Розширювана база даних	SQL, MS Server	Відсутня	Відсутня
3	Алгоритм створення 3D моделі	Мова програмування Java	Відсутня	Відсутня
4	Алгоритм формування сценарію	Мова програмування Java	Відсутня	Відсутня
Висновок: проект реалізувати можливо. Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Формування сценаріїв розвитку побудови 3D моделі.				

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так чи ні, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з поміж названих технологій обираються такі, що доступні авторам проекту та є наявними на ринку).

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4. – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3

Таблиця 5.4.(продовження) – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	50 %

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект.

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Надання моделі діаграми спрямованості, які потребує ринок телекомунікаційни х технологій сучасності	Вузи, компанії – роботодавці, науковці	Компанії заключають довготривалі договори, а стартапери віддають перевагу пробному терміну	стабільність роботи; невисока ціна; наявність випробувального періоду; наявність документації; підтримка необхідних платформ оптимізований час;

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 5.6-5.7).

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку. Аналіз пропозиції необхідно виконати аналізуючи існуючі види конкуренцій.

Необхідною умовою ефективного функціонування механізму саморегулювання ринкової економіки є конкуренція. Вона є важливою рушійною силою розвитку ринкової економічної системи. Конкуренцію породжують об'єктивні умови ринкового господарювання: різні форми власності на засоби виробництва; повна економічна відокремленість і свобода вибору господарської діяльності товаровиробників, їх повна економічна залежність від кон'юнктури ринку; боротьба за джерела сировини, ринки збуту виробленої продукції, сфери використання капіталу з метою отримання найбільшого прибутку.

Конкуренція - це суперництво (змагальність) між різними учасниками ринкової економіки за найбільш вигідні умови виробництва та реалізації товарів і послуг, за привласнення найбільшого прибутку. Вона виступає силою, яка мобілізує особистий економічний інтерес і підприємницький потенціал та спрямована на їх максимальну реалізацію.

У Законі України "Про обмеження монополізму та недопущення недобросовісної конкуренції у підприємницькій діяльності" зазначається: конкуренція - це "змагальність підприємців, коли їх самостійні дії обмежують можливості кожного з них впливати на загальні умови реалізації товарів на ринку і стимулюють виробництво тих товарів, яких потребує споживач". Боротьба на ринку великої кількості різних товаровиробників і постачальників ресурсів за споживача (покупця) і економічний успіх - об'єктивний економічний закон.

Захист конкуренції, суб'єктів господарювання і споживачів від недобросовісної конкуренції передбачає демонополізацію вітчизняної економіки і створення ринкового конкурентного середовища.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Підходить для нових проектів	Потребує визначеної структури бази даних	Імпорт схеми бази даних
2	Власний формат та вигляд відображення ДС	При необхідності потрібна розробка сервісу преведення до визначеного формату	Додавання можливості автоматизованого експорту в різні типи сховищ, розробка додаткового ПЗ
3	Обмеженість функцій	Інструмент обмежений наявними функціями і не має деяких функцій, які мають конкуренти	Додавання нових функцій за потреби

Таблиця 5.7. – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Незалежність від платформи	Можна використовувати на Linux, Windows, Mac операційних системах	Вихід на мобільний ринок вихід на рівень web додатків
2	Недоліки в існуючих альтернативах	Існуючі альтернативи або працюють повільно, або не є орієнтованими на конкретну предметну область	Модифікація існуючих платформ

Аналіз пропозицій зображено на таблиці.

Таблиця 5.8. – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<b>Особливості конкурентного середовища</b>	<b>В чому проявляється дана характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</b>
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	чиста	Прямі договори з стартапами, презентація продукту на виставках
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний...	національний	Публікація статей на міжнародних сайтах
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Розвивати напрямки систем формування сценаріїв
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-видова	Розповідати про свої переваги перед конкурентом у цій галузі
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова	Надання функцій, які не надають конкуренти, оптимізація функцій, що мають конкуренти
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	марочна	Надання функцій, які не надають конкуренти, оптимізація функцій, що мають конкуренти

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (Таблиця 5.9).

На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 3.5 (таблиця 5.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (таблиця 6.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця 5.6-5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею 10

Таблиця 5.9. – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

<b>Складові аналізу</b>	<b>Прямі конкуренти галузі</b>	<b>Потенційні конкуренти</b>	<b>Постачальники</b>	<b>Клієнти</b>	<b>Товари-замінники</b>
		Системе формування сценаріїв	Мінімізація витрат часу постачальників	Контроль якості	Лояльність споживачів
Висновки:	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливості виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг	Постачальники підлаштовуються під ринок	Клієнти диктують вимоги згідно з умовами експлуатації	Обмеження для роботи на ринку через товари заміники

Таблиця 5.10. – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<b>№ п/п</b>	<b>Фактор конкурентоспроможності</b>	<b>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</b>
1	Орієнтація на предметну область формування сценаріїв розвитку телекомунікацій	Існуючі конкуренти або не враховують особливості формування сценаріїв, або виконують процес побудови не оптимально

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 5.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 5.11)

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 6.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (Таблиця 5.11).

Таблиця 5.11. – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

<b>№ п/п</b>	<b>Фактор конкурентоспроможності</b>	<b>Бали 1-20</b>	<b>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Database Generator (даним продуктом)</b>						
			<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	
1	Орієнтація на предметну область формування сценаріїв з розвитку електроенергетики	20	+						

Таблиця 5.12. – SWOT-аналіз стартап-проекту



<p><b>Сильні сторони:</b></p> <p>Актуальність користування системою, яка викликана бажанням розвитку телекомунікацій</p> <p>Оцінка проходить відразу для великої кількості людей, а також у будь-який період часу.</p> <p>Актуальність користування системою, яка викликана постійним розвитком антенних систем, невелика ціна користування за місяць</p>	<p><b>Слабкі сторони:</b></p> <p>Потребує масштабної рекламної компанії</p> <p>Орієнтація на комп'ютерні додатки, які можуть відсіяти «не розвинутих» в технічному плані клієнтів</p> <p>Дороге зберігання великої к-сті даних</p> <p>Обробка даних</p>
<p><b>Можливості:</b></p> <p>Можливе продовження розробки проекту за кордоном, тому що проблема розвитку телекомунікацій актуальна не лише в Україні</p> <p>Можливість перегляду вигляду чутливості антени та візуального відображення для кращого сприйняття</p> <p>Збереження результатів у різних форматах</p> <p>Зручність у використанні</p>	<p><b>Загрози:</b></p> <p>Відсутність користувачів через погану рекламну компанію</p> <p>Неможливість достукатися до необхідних API</p> <p>Втрата конфіденційних даних.</p>

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 5.13. – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<b>№ п/п</b>	<b>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</b>	<b>Ймовірність отримання ресурсів</b>	<b>Строки реалізації</b>
1	Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів	25 %	8 год
2	Орієнтація поточної моделі на ринок державних установ	20 %	72 год
3	Орієнтація поточної моделі на ринок ентерпрайз	35 %	168 год
4	Переорієнтація на розробку серверної частини	75 %	120 год
5	Переорієнтація на веб-розробку	45 %	96 год

Альтернатива, де отримання ресурсів є більш простим та ймовірним – №4 "Переорієнтація на розробку серверної частини", що становить 75 відсотків. Це значення перевищує інші альтернативи.

Альтернатива, де строки реалізації є більш стислими – №2 " Орієнтація поточної моделі на ринок державних установ ". Терміни реалізації в цьому разі становлять 72 годин.

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 4.14).

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.

Таблиця 5.14. – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Стартапери	Готові	Високий	Висока	Просто
2	Державні установи	Потребують недовгих переговорів	Середній	Середня	Складно

Таблиця 5.14 (продовження) – Вибір цільових груп потенційних споживачів

3	Ентерпрайз	Потребують довгих переговорів	Низький	Низька	Дуже складно
Які цільові групи обрано: стартапери					

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (таблиця 5.15).

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

<b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b>	<b>Стратегія охоплення ринку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</b>	<b>Базова стратегія розвитку*</b>
Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів	Стратегія концентрованого маркетингу	Стартапери потребують швидкості розробки, яку надає підтримка декількох платформ даним продуктом	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16. – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<b>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</b>	<b>Чи буде компанія шукати нових споживачів</b>	<b>Чи буде компанія копіювати основні характеристики конкурента</b>	<b>Стратегія конкурентної поведінки</b>
Ні	Шукати нових споживачів, забирати існуючих конкурентів		Стратегія заняття конкурентної ніші

## 5.5 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Для цього у таблиці 5.17 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

<b>Потреба</b>	<b>Вигода, яку пропонує товар</b>	<b>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</b>
Пришвидшення оптимальності роботи алгоритму	Побудова оптимального формування сценарію за оптимальний час	Конкуренти або не мають орієнтованос на телекомунікацію, або формують сценарії не оптимальним шляхом

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його

надання (таблиця 5.18).

М/Нм – монотонні або немонотонні;

Вр/Тх/Тл/Е/Ор – вартісні, технічні, технологічні, ергономічні або органолептичні (останній – для продуктів харчування)

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проєкт буде захищено від копіювання.

Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 5.29).

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.20):

1. Проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту).
2. Вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту.
3. Вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.19. – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	1500...3000 грн	1800...4000 грн	25000...50000 грн	200...500 грн

Таблиця 5.20 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Клієнт повинен надаватися в режимах “тріал” та “повний” сплатити після закінчення випробувального строку	Легість в встановленні, легкість в сплаті послуг	Веб-сайт	Проводити збут силами посередника формування сценаріїв

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.22).

Таблиця 5.21 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Купляють програми через авторизовану мережу	Веб-сайти	Формування сценарію розвитку	Довести, що програмний продукт оптимально формує сценарій	Формування сценарію розвитку

## 5.6 Висновки до розділу 5

Розроблений програмний продукт має переваги над існуючими конкурентами та є конкурентноздатним на ринку. Програма має шляхи подальшого розвитку, визначені маркетингові стратегії та шляхи збуту. Основна цільова аудиторія – працівники вузу та роботодавці в сфері телекомунікаційних технологій.

## ВИСНОВКИ

Отже, після виконання магістерської дисертації можна зробити наступні висновки:

Наразі значно розширюється коло завдань, що досить часто вирішуються сучасною радіоелектронікою, а також їх певне ускладнення стимулювало в останні десятиліття дуже інтенсивний розвиток теорії і техніки антен. Основні галузі використання радіоелектроніки – зв'язок, телебачення, радіолокація, радіоуправління, радіоастрономія, а також системи визначення державної належності, інструментальної посадки, радіоелектронної протидії, телеметрія і інші, що відіграють досить важливу роль неможливі без застосування різних за типом антен з відповідними характеристиками.

В процесі розвитку антен вони ускладнювалися, що передбачувано для будь-якої галузі зараз, з'являлися принципово нові їх класи, розширювалися їх функції, і антени часто перетворювалися з простих взаємних пристроїв в складні динамічні системи, що можуть містити в більшості випадків сотні, тисячі різних елементів. Кожний елемент антени виконує свою визначену йому роль.

Враховуючи вищезазначені проблеми було вирішено, що необхідно розробити систему моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем.

Реалізовані наступні завдання:

- створення додатку з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом
- об'єднані існуючий функціонал та розроблений новий
- створено алгоритм порівняння навиків випускника та потреб вакансії.
- проведений порівняльний аналіз існуючих методів інтерполяції
- реалізований алгоритм знаходження чутливості антени для кожного приймача антени
- опрацювання великої кількості даних
- візуальне відображення побудованої діаграми спрямованості
- велика кількість параметрів для діаграми спрямованості більш точної



побудови діаграми спрямованості.

Після моделювання певних діаграм спрямованості можна зробити висновок, що розташування антени один над одним призводить до звуження діаграми спрямованості антеною системи у вертикальній площині. Якщо ж антени розташовані в горизонтальній площині, то зменшується ширина діаграми спрямованості антеною системи в горизонтальній площині. І, нарешті, якщо антенна решітка містить антени, розташовані і по вертикалі і по горизонталі, то результуюча діаграма спрямованості антеною системи є більш вузької в обох площинах в порівнянні з діаграмою одиночної антени.

Впровадження системи моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем забезпечить науковців та працівників, що працюють у сфері телекомунікацій

Потенційними користувачами програмного продукту є науковці, працівники вузів та людей у телекомунікаційній сфері.

При розробці системи моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних систем я використав інтегровану систему розробки IntelliJ IDEA, а також мову програмування – Java.

Для реалізації поставленої задачі в повному обсязі було обрано оптимальний шлях для вирішення поставлених задач. Перед початком написання дипломного проекту було проведено аналіз серед доступних мов програмування і технологій для вибору оптимального поєднання. Основними вимогами було до вибору мови програмування, щоб вона була високорівнева об'єктно орієнтовна. Легка можливість створення користувацького інтерфейсу за допомогою зручного конструктора форм Java FX. А також бажано щоб мова, на якій буде виконано дипломний проект була кросплатформенною – Java. HTML та XML було використано.

Розроблений програмний продукт має переваги над схожими застосунками, які представлені на ринку. Він забезпечений більш зрозумілим інтерфейсом, завдяки мінімальній кількості функцій, забезпечена швидкодія, дешевший, в порівнянні з аналогами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Antenna Basics: Radiation Patterns, Permittivity, Directivity, and Gain [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/antenna-basics-field-radiation-patterns-permittivity-directivity-gain/>.
2. Принципы работы и проверка электродинамических и электромагнитных средств измерений [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.techeducator.ru/dexiu-1163.html>.
3. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн / В. В. Никольский, Т. И. Никольский., 1989. – 544 с. – (Наука).
4. Хансен Р. С. Мир радиоэлектроники / Р. С. Хансен. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2012.
5. Гуриков С. Р. Программирование в среде Lazarus для школьников и студентов / С. Р. Гуриков., 2016. – 336 с. – (Форум).
6. Gaertner M. Lazarus for Cross-Platform Development / Mattias Gaertner., 2009. – 185 с. – (Belltown Media).
7. Hansen R. C. Dipole Mutual Impedance for Design of Slot Arrays / R. C. Hansen, B. Brunner., 1979.
8. Sharp E. D. «A Triangular Arrangement of Planar-Array Elements That Reduces the Number Needed / Sharp., 1961.
9. Буда́й А. Г. Разработка концепции построения аппаратно-программного комплекса модульной конструкции для определения характеристик антенных систем по измерениям в ближней зоне / А. Г. Буда́й, А. П. Гринчук, А. В. Громи́ко. // Приборы и методы измерений. – 2017.
10. Адаптивные антенные решётки: как это работает? (Основы) [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/449794/>.
11. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ / Д. М. Сазонов., 1988. – (Высшая школа).

12. Диаграмма направленности антенны [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://web.archive.org/web/20160217022704/http://radio-technica.com/ukv-antenny/xarakteristiki-antenn/diagramma-napravlenosti-antenny>.
13. Берг Й. Интерполяционные пространства / Й. Берг., 1980. – 264 с. – (Мир).
14. Интерполяция [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://aco.ifmo.ru/el\\_books/numerical\\_methods/lectures/glava3.html](http://aco.ifmo.ru/el_books/numerical_methods/lectures/glava3.html).
15. Числові методи: конспект лекцій [Электронный ресурс] // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27717/1/Chyslovi\\_metody.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27717/1/Chyslovi_metody.pdf).
16. Боглаев Ю. П. Вычислительная математика и программирование / Ю. П. Боглаев., 1990. – (Высшая Школа).
17. Воробьева Г. Н. Практикум по вычислительной математике / Г. Н. Воробьева., 1990. – 207 с. – (Высшая Школа).
18. Кудрявцев Е. М. MathCAD 2000 Pro / Е. М. Кудрявцев., 2001. – 576 с.
19. Диаграмма направленности [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.radiouniverse.ru/book/lyubitelskie-antenny-korotkih-i-ultrakorotkih-voln/diagramma-napravlenosti>.
20. Ликбез по антеннам: диаграмма направленности [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://nag.ru/articles/article/29432/likbez-po-antennam-diagramma-napravlenosti.html>.
21. Лавров А. С. Антенно-фидерные устройства: учеб. пособие для вузов / А. С. Лавров., 1974. – 368 с.
22. Блох Д. Эффективная Java / Джошуа Блох., 2019. – 464 с.
23. Хорстманн К. Java. Библиотека профессионала / К. Хорстманн., 2017. – 974 с.
24. Шилдт Г. Java 8. Руководство для начинающих / Герберт Шилдт.
25. Блинов И. Н. Java. Методы программирования / И. Н. Блинов, В. С. Романчик., 2013.

26. Введение в Java FX [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://metanit.com/java/javafx/1.1.php>.
27. Фримен Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS = Head First HTML with CSS & XHTML / Э. Фримен, Э. Фримен., 2010. – 656 с. – (Питер).
28. Лабберс П. HTML5 для профессионалов: мощные инструменты для разработки современных веб-приложений = Pro HTML5 Programming: Powerful APIs for Richer Internet Application Development / П. Лабберс, Б. Олберс, Ф. Салим., 2011. – 272 с.
29. Хантер Д. Базовый курс = Beginning XML / Д. Хантер, Д. Рафтер., 2009. – 1344 с.
30. Тейбор Р. Реализация XML Web-служб на платформе Microsoft .NET = Microsoft .NET XML Web Services. / Роберт Тейбор., 2002. – 464 с.

# ДОДАТОК А

Апробації

Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем

УКР.НТУУ"КПІ"\_ТЕФ\_АПЕПС\_ ТМ81237\_19М

Аркушів 4

2019

**[www.konferenciaonline.org.ua](http://www.konferenciaonline.org.ua)**

*Міжнародна наукова інтернет-конференція*

**"Інформаційне суспільство:  
технологічні, економічні та  
технічні аспекти становлення"  
(випуск 33)**

*13 листопада 2019 р.*

*Частина 1*



*Тернопіль – 2019*

<b>Кіт С.С., Стасюк Р.Б.</b> Балкові переходи з Г-, Z- та П-подібними компенсаторами.....	92
<b>Кульчицький В.І.</b> Математична модель впливу стану обтікання на аеродинамічні характеристики маневреного літака.....	93
<b>Курпас Д.С., Головня В.М.</b> Стационарна багатофункціональна метеорологічна станція.....	95
<b>Лавришин М.І.</b> Вплив ландшафтно рекреаційних особливостей на розвиток міста.....	97
<b>Лукашук А.А., Резцов И.Ю.</b> Перспективные направления развития нефтегазодобывающей отрасли Украины.....	100
<b>Мельник В.П., Богомолов М.Ф.</b> Моделювання системи для дослідження спекл-зображень організму людини.....	102
<b>Міговк В.В.</b> Вирішення екологічної проблеми утилізації сміття.....	104
<b>Мойсюк А.Я., Стасюк Р.Б.</b> Підводні переходи трубопроводів.....	106
<b>Мурильов М.О.</b> Тригер з трьома стійкими станами.....	109
<b>Петечел І.І.</b> Порівняльна оцінка перспектив розвитку гірськолижного туризму в Україні.....	110
<b>Пшепінда Т.В., Стасюк Р.Б.</b> Технології ремонту пошкодженого ізоляційного покриття для діаметрів 1020, 1220 мм.....	112
<b>Рибачок П. О., Гуржій О. А.</b> Виділення сигналу на фоні однорідних ізотопних шумових завад на морі .....	113
<b>Ревнюк О. В., Гуржій О. А.</b> Моделювання діаграми спрямованості гнучких протяжних антенних систем .....	115



## **МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНOSTІ ГНУЧКИХ ПРОТЯЖНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ**

У комплексних системах «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» застосовуються гідроакустичні станції (ГАС) з гідроакустичними антенами, які відрізняються за формою, розмірами, способами формування та управління характеристиками направленості, розміщенням на надводному кораблі (НК) та умовами експлуатації. За способом розміщення антен ГАС НК поділяються на ГАС з корпусними антенами (стаціонарно встановлюються на корпусі корабля) та ГАС з антенами змінної глибини (АЗГ). Останні поділяються на ГАС з буксируваними та ГАС з опускними гідроакустичними антенами.

ГАС з антенами змінної глибини забезпечують необхідну ефективність системи «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» в таких сигнально-задавальних і гідроакустичних умовах, коли можливості ГАС з корпусними гідроакустичними антенами суттєво знижені. ГАС з антенами змінної глибини мають такі переваги в порівнянні з ГАС з корпусними антенами:

- забезпечення застосування кращих гідроакустичних умов для виявлення цілей, у тому числі цілей, що знаходяться нижче шару стрибка швидкості звуку;
- можливість автономного ремонту та модернізації активно-пасивних антен змінної глибини без постановки НК у док.

Гідроакустичні антени з буксируваними АЗГ можуть мати конструкції зосередженого (об'ємного) типу з жорсткими зв'язками між елементами та конструкції з гнучкими зв'язками, так звані гнучкі протяжні буксировані антени.

Однією з особливостей ГАС з буксируваними АЗГ є необхідність формування їхніми антенами характеристик направленості, що мають низький (0,1...3,0 %) рівень бокових пелюсток у вертикальній площині в режимі приїому в секторах кутів, під якими антена «бачить» гвинти корабля-носія ГАС з АЗГ. У цьому разі ширина основної пелюстки діаграми направленості повинна мати задану величину.

Практичне рішення цієї задачі є однією з необхідних умов забезпечення тактико-технічних характеристик гідроакустичного озброєння, зокрема того, що створюється за кораблебудівними програмами.

### **Перелік посилань:**

1. Дерепка А. В. ГІДРОАКУСТИЧНІ СТАНЦІЇ З БУКСИРУВАНИМИ АНТЕНАМИ ЗОСЕРЕДЖЕНОГО ТИПУ ТА ШЛЯХИ СТВОРЕННЯ НИМИ ДІАГРАМИ НАПРАВЛЕНOSTІ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФОРМИ [Електронний ресурс] / А. В. Дерепка.
2. Дерепка А. В. Шляхи усунення невизначеності пеленгування системою «гідроакустична станція – надводний корабель» з гнучкими протяжними буксируваними антенами [Електронний ресурс] / А. В. Дерепка
3. Бунаков В. П. ОПТИМІЗАЦІЯ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНOSTІ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ РЛС МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ НА ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РЕГУЛЮВАННЯ АМПЛІТУД ЗБУДЖЕННЯ ОКРЕМИХ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ [Електронний ресурс] / В. П. Бунаков, О. О. Головін, П. І. Кісель – Режим доступу до ресурсу: <http://sit.nu-ou.org.ua/article/download/43321/39763>.